

*Gestión Integral del Recurso Hídrico*

**“DISEÑO DE UN SISTEMA DE CAPTACIÓN DE AGUAS LLUVIAS PARA LA  
MANZANA 15 EN LA ZONA FRANCA DE BOGOTÁ”**

Ángel Leonardo Celis Lesmes – 064091064

Miguel Ángel Franco Forero – 064091084

Proyecto de Trabajo de Grado para optar al título de Ingeniero Ambiental

Director: Jesús Ernesto Torres Quintero  
Ingeniero Civil Magister Recursos Hidráulicos

Bogotá Universidad Libre  
Facultad de Ingeniería  
Departamento de Ingeniería Ambiental  
2014

**Nota de aceptación:**

---

---

---

---

---

**Firma del presidente del jurado**

**Firma del jurado**

**Firma del jurado**

Bogotá D.C, 9 Julio 2014

## **AGRADECIMIENTOS**

El desarrollo de este trabajo de grado se logró mediante un gran esfuerzo, por medio de la presente expresamos el más sincero y profundo agradecimiento a las personas que nos apoyaron para llevar acabo la realización del proyecto, a la Universidad Libre que nos brindó su apoyo incondicional con la investigación, y que además nos permitió a lo largo de toda la carrera formarnos profesionalmente. Agradezco especialmente al programa de Ingeniería Ambiental y al Ingeniero ambiental del departamento de ecoeficiencia de la Zona Franca de Fontibón Jorge Merchán por su respaldo en la realización del presente trabajo.

A el profesor Jesús Ernesto Torres Quintero (Ingeniero Civil / Magister en Recursos Hídricos y Esp. Hidrología / Esp. Rec. Hídricos) por el apoyo y dirección que nos brindó para poder realizar de manera satisfactoria este trabajo que es la culminación de lo aprendido a lo largo de este ciclo.

A todos los docentes de la Facultad de Ingeniería que con sus conocimientos nos han brindado las herramientas necesarias en nuestra formación como Ingenieros Ambientales, proporcionado la metodología necesaria para desempeñarnos en la vida profesional.

A todas aquellas personas que valoraron nuestro esfuerzo y compromiso durante el desarrollo del presente trabajo y que de una u otra manera nos brindaron su ayuda. Finalmente un agradecimiento a nuestros compañeros cercanos de ingeniería ambiental y a nuestra familia por esa paciencia, comprensión y todo el ánimo que nos brindaron durante toda la etapa del proyecto.

Gracias.

## CONTENIDO

RESUMEN .....	46
ABSTRACT .....	47
INTRODUCCIÓN.....	48
1. DESCRIPCION DEL PROBLEMA .....	50
2. JUSTIFICACION.....	51
3. OBJETIVOS .....	52
3.1 Objetivo general.....	52
3.2 Objetivos específicos .....	52
4. MARCO REFERENCIAL .....	53
4.1 MARCO HISTÓRICO.....	53
4.1.1 HISTORIA DE LOS SISTEMAS DE APROVECHAMIENTO DE AGUA LLUVIA .....	53
4.2 Estado Actual.....	55
4.3 Marco Teórico.....	56
4.4 Marco Conceptual.....	57
4.4.1 Sistema de captación de.....	57
4.4.2 Área de captación .....	57
4.4.3 Tipos de techos para la captación .....	58
4.4.3.1 Techos .....	58
4.4.3.2 Techos cuenca.....	58
4.4.4 Sistema de conducción .....	58
4.4.7 Factores de un sistema de captación de agua lluvia .....	58
4.4.7.1 Factor Técnico .....	59
4.4.7.2 Factor económico .....	59
4.4.7.3 Factor Social .....	59
4.4.8 Componentes .....	60
4.4.8.1 Captación.....	60
4.4.8.2 Conducción.....	60
4.4.8.3 Tratamiento primario.....	60
4.4.8.4 La unidad de almacenamiento .....	60
4.4.8.5 Distribución y uso .....	60
4.4.9 Bases del diseño; .....	61

4.4.10 Criterios de diseño .....	62
4.4.10.1 Cálculo del Volumen del Tanque de Almacenamiento .....	62
4.4.10.2 Determinación de la precipitación promedio mensual .....	62
4.4.10.3 Determinación de la demanda .....	62
4.4.10.4 Oferta de agua lluvia en el mes (Ai) .....	63
4.4.10.5 Oferta de agua con pérdidas en m <sup>3</sup> .....	63
4.4.10.6 Volumen del tanque de almacenamiento (m <sup>3</sup> al mes) .....	64
4.4.10.7 Volumen del tanque de almacenamiento (L/día) .....	64
4.4.11 Sistema de bombeo .....	65
4.4.11.1 Dotación Neta .....	65
4.4.11.2 Dotación Bruta .....	65
4.4.11.3 Caudal medio diario .....	66
4.4.11.4 Caudal máximo diario .....	66
4.4.11.5 Caudal de diseño .....	67
4.4.11.6 Tubería de impulsión.....	67
4.4.11.8 Pérdidas en la impulsión .....	68
4.4.11.9 Altura de velocidad en la descarga .....	68
4.4.11.10 Altura estática total de elevación.....	68
Fuente: Obras Hidráulicas Rurales de Hernán Matern de Universidad del Valle .....	69
Fuente: Obras Hidráulicas Rurales de Hernán Matern de Universidad del Valle .....	70
Fuente: Obras Hidráulicas Rurales de Hernán Matern de Universidad del Valle .....	70
4.4.11.13 Potencia de la bomba .....	71
4.5 Marco Legal.....	72
4.5.1 Normatividad Ambiental .....	72
4.5.2.1 .....	72
Decreto 1594 / 84 (Derogado por el Dec. 1595 /94).....	72
4.5.2.2 .....	72
Decreto 3930 de 2010 .....	72
4.5.2.3 Decreto 2811 de 1974, libro II parte III .....	73
4.5.2.4 Ley 373 de 1997 .....	74
4.5.2.5 Estatuto tributario.....	74
4.6 Marco demográfico .....	75

4.6.1 Unidad de planeación zonal No. 77. Zona Franca.....	75
4.7 Marco geográfico .....	75
5. DISEÑO METODOLOGICO.....	78
6. RECURSOS DISPONIBLES RECURSOS MATERIALES E INFRAESTRUCTURAS .....	70
7. RESULTADOS .....	72
7.1 Cálculo de precipitación por medio de isoyetas y software SIG (sistemas de información geográfica).....	72
7.2 Precipitaciones promedio mensuales de la Zona Franca de Bogotá .....	75
7.2.1 Empresa COMPUMAX COMPUTER S.A.S. ....	79
7.2.2 Cálculos de precipitación promedio mensual, demanda y oferta mensual, y volumen del tanque de almacenamiento COMPUMAX. ....	81
7.2.3 Calculo curva de masas para enero.....	83
7.2.4 Sistema de bombeo .....	86
7.2.4.1 Cálculos del sistema de bombeo .....	86
$Q_{\text{diseño}} = 0,39 / 10000,21 = 0,0019 \text{ m}^3/\text{s}.$ .....	87
Altura de velocidad en la descarga .....	89
7.2.5 Cantidad de obra y presupuesto total para COMPUMAX.....	93
7.2.6 Calculo para el Sistema de tratamiento, cálculo del filtro lento de arena .....	94
7.2.7 Calculo para el ahorro de agua potable .....	96
7.2.2 Lote 100 - Empresa TMLI .....	98
7.2.3 Lote 101 – Empresa Digitex Despegar.....	100
7.2.4 Empresa VALMY .....	103
7.2.5 Lote 103 Bodega 1 a 6.....	106
7.2.6 Lote 104 Empresa DFI Castañeda Gonzales, CIA Repremundo .....	109
7.2.7 Lote 105 Empresa Clasi.....	111
7.2.8 Lote 106 Empresa Intertrading.....	113
7.2.9 Lote 107 Almacenes Máximo. ....	115
7.2.10 Lote 108 Vacío.....	118
7.2.11 Lote 109 Almacenes Máximo .....	120
7.2.12 Lote 110 Denali.....	122
7.2.13 Lote 111-112 Polimes .....	125
7.2.14 Lote 113 Vacío.....	127

7.2.14 Resultados análisis curva de masas .....	128
7.2.15 Resultados sistema de bombeo .....	129
8. Análisis económico .....	129
8.1 Análisis económico del sistema de captación .....	129
9. Análisis Ambiental .....	143
9.1 Matriz de involucrados .....	143
9.2 Análisis de alternativas .....	144
9.3 Matriz de marco lógico .....	145
9.4 GESTION AMBIENTAL EN LA ZONA FRANCA .....	147
9.4.1 LINEA BASE O INVENTARIO AMBIENTAL.....	148
9.4.1.1 DESCRIPCION FISICA.....	148
9.4.1.2 DESCRIPCION BIOLOGICA.....	150
9.4.1.2.1 Uso del suelo .....	150
9.4.1.2.2.1 Fauna.....	151
9.4.1.2.2.1.2 Flora.....	151
9.4.1.2.2.1.3 Comunidades terrestres .....	152
9.4.2 DEMANDA AMBIENTAL.....	152
9.4.3 EVALUACIÓN DE IMPACTO AMBIENTAL:.....	152
9.4.3.1 Análisis de matriz de Leopold .....	154
9.4.4 EVALUACIÓN DE ALTERNATIVAS .....	154
9.4.4.1 Planteamiento de alternativas .....	154
9.4.4.1.2 Problemas.....	154
9.4.4.1.3 Alternativas .....	154
9.4.5 Cuadro de alternativas .....	155
8.4.4.7 SEGUIMIENTO Y MONITOREO.....	155
10. CONCLUSIONES .....	156
11. RECOMENDACIONES .....	157
12. BIBLIOGRAFÍA.....	158
13. ANEXOS.....	162

## GRAFICAS

Gráfica N° 1: Selección Bomba .....	69
Grafica N° 2. Estructura poblacional UPZ 77 .....	75
Grafica N° 3. Precipitación promedio mensual durante 10 años (2003-2013).....	76
Grafica N° 4. Volumen del tanque (L/Día).....	83
Grafica N° 5. Curva de masas .....	85
Grafica N° 6. Volumen del tanque (L/Día).....	100
Grafica N° 7. Volumen del tanque (L/Día).....	102
Grafica N° 8. Volumen del tanque (L/Día).....	105
Grafica N° 9. Volumen del tanque de almacenamiento (L/Día) .....	108
Grafica N° 10. Empresa DFI Castañeda Gonzales, CIA Repremundo .....	110
Grafica N° 11. Empresa Clasi s.a.s.....	112
Grafica N° 12. Empresa INTERTRADING, Volumen del tanque de almacenamiento (L/Día) .....	115
Grafica N° 13. Máximo, Volumen del tanque de almacenamiento (L/Día) .....	118
Grafica N° 14. Volumen del tanque de almacenamiento (L/Día).....	120
Grafica N° 15. Máximo, Volumen del tanque de almacenamiento (L/Día) .....	122
Grafica N° 16. Denali, Volumen del tanque de almacenamiento (L/Día) .....	124
Grafica N° 17. Polimes, Volumen del tanque de almacenamiento (L/Día) .....	127
Grafica N° 18. Aprovechamiento de residuos solidos .....	148

## TABLAS

Tabla 1. Dotación neta según el Nivel de Complejidad del Sistema .....	65
Tabla 2. Porcentajes máximos admisibles de pérdidas técnicas .....	65
Tabla 3. Coeficiente de consumo máximo diario, k1 según el Nivel de Complejidad del Sistema ..	66
Tabla 4. Presión atmosférica.....	70
Tabla 5. Tensior de vapor .....	70
Tabla 6. Proceso metodológico.....	78
Tabla 7. Recursos Disponibles .....	70
Tabla 8. Valores de precipitación promedio mensual en litros por metro cuadrado para los 10 años analizados .....	75
Tabla 9. Lista de empresas - Manzana 15 - Zona Franca de Bogotá .....	77
Tabla 10. Demanda de agua mensual COMPUMAX .....	81
Tabla 11. Resultados de precipitación promedio mensual, demanda y oferta mensual, y volumen del tanque de almacenamiento COMPUMAX .....	82
Tabla 12. Curva de masas.....	84
Tabla 13. Sistema de Bombeo.....	91
Tabla 14. Costos del sistema de captación de agua.....	93
Tabla 15. Cálculo del sistema de conducción y costos.....	94
Tabla 16. Sistema de tratamiento, cálculo del filtro lento de arena y costos.....	94



Tabla 17. Costos de tanques de almacenamiento.....	95
Tabla 18. Implementos del sistema.....	95
Tabla 19. Ahorro de agua potable.....	96
Tabla 20. Mano de obra y costo total.....	96
Tabla 21. Costo de maquinaria.....	97
Tabla 22. Costo total Compumax.....	97
Tabla 23. Demanda mensual de agua TMLI.....	99
Tabla 24. Resultados de precipitación promedio mensual, demanda y oferta mensual, y volumen del tanque de almacenamiento TMLI.....	99
Tabla 25. Demanda de agua mensual Digitex Despegar.....	101
Tabla 26. Resultados de precipitación promedio mensual, demanda y oferta mensual, y volumen del tanque de almacenamiento Digitex Despegar.....	101
Tabla 27. Resultados de demanda de agua mensual VALMY.....	104
Tabla 28. Resultados de demanda de agua mensual VALMY.....	104
Tabla 29. Lote 103 (Bodega 1 a 6).....	106
Tabla 30. Resultados de demanda de agua mensual.....	107
Tabla 31. Resultados de precipitación promedio mensual, demanda y oferta mensual, y volumen del tanque de almacenamiento.....	108
Tabla 32. Resultados de demanda de agua mensual - DFI Castañeda Gonzales, CIA Repremundo.....	109
Tabla 33. Resultados de precipitación promedio mensual, demanda y oferta mensual, y volumen del tanque de almacenamiento - DFI Castañeda Gonzales, CIA Repremundo.....	110
Tabla 34. Resultados de demanda de agua mensual – Clasi s.a.s.....	111
Tabla 35. Resultados de precipitación promedio mensual, demanda y oferta mensual, y volumen del tanque de almacenamiento – Clasi s.a.s.....	112
Tabla 36. Resultados de demanda de agua mensual – INTERTRADING.....	114
Tabla 37. Resultados de precipitación promedio mensual, demanda y oferta mensual, y volumen del tanque de almacenamiento – INTERTRADING.....	114
Tabla 38. Resultados de demanda de agua mensual – MAXIMO.....	117
Tabla 39. Resultados de precipitación promedio mensual, demanda y oferta mensual, y volumen del tanque de almacenamiento – MAXIMO.....	117
Tabla 40. Resultados de demanda de agua mensual –Vacío.....	119
Tabla 41. Resultados de precipitación promedio mensual, demanda y oferta mensual, y volumen del tanque de almacenamiento – VACIO.....	119
Tabla 42. Resultados de demanda de agua mensual –Máximo.....	121
Tabla 43. Resultados de precipitación promedio mensual, demanda y oferta mensual, y volumen del tanque de almacenamiento – Máximo.....	121
Tabla 44. Resultados de demanda de agua mensual –Denali.....	123
Tabla 45. Resultados de precipitación promedio mensual, demanda y oferta mensual, y volumen del tanque de almacenamiento – Denali.....	124
Tabla 46. Resultados de demanda de agua mensual –Polimes.....	126

Tabla 47. Resultados de precipitación promedio mensual, demanda y oferta mensual, y volumen del tanque de almacenamiento – Polimes .....	126
Tabla 48. Volumen de almacenamiento de las 4 lagunas .....	128
Tabla 49. Volumen del tanque de almacenamiento (m <sup>3</sup> ) .....	128
Tabla 50. Flujo de fondos - Compumax.....	130
Tabla 51. Flujo de fondos - TMLI.....	131
Tabla 52. Flujo de fondos - Digitex Despegar .....	132
Tabla 53. Flujo de fondos - Valmy.....	133
Tabla 54. Flujo de fondos - Lote 103 (bodega 1 a 6) .....	134
Tabla 55. Flujo de fondos – Lote 104 – DFI Castañeda Gonzales, CIA Repremundo .....	135
Tabla 56. Flujo de fondos - Empresa Clasi .....	136
Tabla 57. Flujo de fondos Lote 106 – Empresa INTERTRADING .....	137
Tabla 58. Flujo de fondos Lote 107 – Empresa MAXIMO .....	138
Tabla 59. Flujo de fondos - Lote 108 .....	139
Tabla 60. Flujo de fondos Lote 109 – Máximo .....	140
Tabla 61. Flujo de fondos Lote 110 – Denali .....	141
Tabla 62. Flujo de caja Lote 111-112 – Polimes.....	142
Tabla 63. Matriz de involucrados.....	143
Tabla 64. Matriz de alternativas.....	144
Tabla 65. Matriz de marco lógico.....	145
Tabla 66. Método de Leopold.....	153
Tabla 67. Cuadro de alternativas.....	155

## FIGURAS

Figura N° 1. Cisterna a cielo abierto para la recolección de agua lluvia Yemen .....	54
Figura N° 2. UPZ 75 Fontibón .....	75
Figura N° 3. Mapa de Bogotá.....	75
Figura N° 4. Plano general de la Zona Franca de Bogotá.....	76
Figura N° 5. Plano de loteo Zona Franca de Bogotá.....	77
Figura N° 6. Plano Zona Franca de Bogotá con lagunas .....	77
Figura N° 7. Cálculo de precipitación media en el mes de enero (2003-2013).....	73
Figura N° 8. Calculo de precipitación media en el mes de enero (2003-2013) SIG.....	74
Figura N° 9. Plano de Loteo manzana 15 con leyenda.....	77
Figura N° 10. Diseño general del sistema de captación de agua lluvia .....	78
Figura N° 11. Diseño del sistema de captación Compumax.....	80

## FOTOS

Foto N° 1. Compumax .....	79
Foto N° 2. TMLI .....	98
Foto N° 3. Digitex Despegar .....	100
Foto N° 4. Valmy .....	103
Foto N° 5. Bodega No 1 y 2.....	106
Foto N° 6. Bodega No 3 Vacía.....	106
:Foto N° 7. Bodega No 4 Eagle.....	106
Foto N° 8. Bodega No 5 y 6 Colombia Drill Supply .....	107
Foto N° 9. DFI Castañeda Gonzales, CIA Repremundo.....	109
Foto N° 10. Clasi .....	111
Foto N° 11. Empresa Intertrading .....	113
Foto N° 12. Almacenes Máximo .....	115
Foto N° 13. Lote 108 vacío .....	118
Foto N° 14. Almacenes máximo .....	120
Foto N° 15. Denali.....	122
Foto N° 16. Polimes.....	125
Foto N° 17. Lote 113.....	127

## ANEXOS

Anexo N° 1. Resultados sistema de bombeo .....	162
Anexo N° 2. Resultados Costo total proyecto para cada empresa .....	163
Anexo N° 3. Plano primer y segundo piso - Empresa Compumax.....	164
Anexo N° 4. Plano Corte - Empresa Compumax.....	165
Anexo N° 5. Plano primer y segundo piso - Empresa Digitex Despegar .....	166
Anexo N° 6. Plano Corte - Empresa Digitex Despegar.....	167
Anexo N° 7. Plano primer y segundo piso - Empresa Valmy .....	168
Anexo N° 8. Plano Corte - Empresa Valmy .....	169
Anexo N° 9. Plano primer y segundo piso - Lote 103 (bodega 1 a 6) .....	170
Anexo N° 10. Plano primer y segundo piso - Lote 107 - Almacenes Maximo .....	171
Anexo N° 11. Plano primer piso - Lote 109 - Almacenes máximo .....	172
Anexo N° 12. Plano segundo piso - Lote 109 - Almacenes maximo .....	173
Anexo N° 13. Plano primer y segundo piso - Lote 110 - Empresa Denalli .....	174
Anexo N° 14. Plano vista frontal - Lote 110 - Empresa Denalli .....	175
Anexo N° 15. Plano primer piso - Lote 111-112 - Polimes .....	176
Anexo N° 16. Plano segundo piso - Lote 111-112 - Polimes .....	177
Anexo N° 17. 23 Diseño de captación TMLI .....	178
Anexo N° 18. Diseño del sistema de captación Despegar .....	179
Anexo N° 19. Diseño de captación Valmy .....	180
Anexo N° 20. Diseño de captación lote 103 .....	181
Anexo N° 21. Diseño de captación Castañeda .....	182
Anexo N° 22. Diseño de captación Clasi.....	183
Anexo N° 23. Diseño de captación Intertrading .....	184
Anexo N° 24. Diseño de captación Máximo.....	185
Anexo N° 25. Diseño de captación.....	186
Anexo N° 26. Diseño de captación Almacenes máximo.....	187
Anexo N° 27. Diseño de captación Denali .....	188
Anexo N° 28. Diseño de captación Polimes .....	189
Anexo N° 29. Carta Zona Franca .....	190
Anexo N° 30. Plano Cartográfico de Bogotá (escala 1:100.000) .....	190

## RESUMEN

La Zona Franca de Bogotá es un parque industrial donde se desarrollan actividades industriales de bienes y servicios, por esto algunas empresas como las pertenecientes a la manzana 15 requieren del uso de recursos renovables en este caso como lo es el agua para sus procesos productivos y para el uso en sanitarios. Por esta razón se plantea un proyecto donde se pueda aprovechar el agua lluvia utilizándola como fuente secundaria del agua potable.

Este proyecto de ingeniería conceptual se presenta como un diseño de captación de agua lluvia para aprovechamiento de la misma como una alternativa limpia usada para el ahorro de agua potable. El documento plantea una propuesta con un diseño para cada una de las empresas de la manzana 15, según los planos estructurales obtenidos de algunas empresas por los copropietarios de la Zona Franca de Bogotá, se realizó un análisis para darle ubicación a los tanques de almacenamiento. Sin embargo no se obtuvieron todos los planos de las empresas, por lo cual se tomaron proyecciones a partir de los planos proporcionados. Así mismo se realizó el procedimiento con los datos de cada empresa, a partir de las visitas realizadas tomando como referencia la empresa Compumax de la cual se obtuvieron todos los datos, se realizaron proyecciones para las demás empresas de la manzana 15.

En este documento se obtienen los resultados técnicos donde se calculó el volumen del tanque de almacenamiento en  $m^3$  para un mes y litros para un día, se determinó la precipitación promedio mensual, se determinó la demanda de agua potable, se determinó la oferta de agua lluvia, la oferta de agua con pérdidas en  $m^3$  y para algunos casos donde los sanitarios se encuentran en los pisos superiores, se realizan cálculos para determinar el tipo y la potencia de la bomba. Otro de los resultados obtenidos fue el análisis ambiental y económico realizado del cual se obtuvo que el aprovechamiento del agua lluvia para la mayoría de las empresas de la manzana 15 de la Zona Franca de Bogotá es viable para su implementación.

## ABSTRACT

The “zona franca de Bogotá” is an industrial park where industrial activities of goods and services are developed, that is why some companies such as the ones which belong to the “manzana 15” requires the use of renewable resources, in this case the use of water for their productive projects and use in sanitary. For this reason a project has been proposed, where the rain water can be advantage, using it as a secondary drinking water source.

This engineering conceptual project is presented as a rain water uptake design for the use of itself as a clean alternative, used for the drinking water save. The document propose a design for each one of the companies from the “manzana 15”, according to the structural plans given by some companies and co-owners of the “Zona Franca”, it were analyzed to give the tanks, a storage location. However, for some companies it couldn't be got the plans, so projections were made from the gotten plans. A procedure with the data of each company from the made visits was made, taking as a reference the Compumax company, from which the data were taken. Projections were made for the others companies from the “manzana 15”.

On this document the technical results have been taken, where the tank volume is calculated in  $m^3$  for a month and L for a day, the mean monthly precipitation it's determined, the drinking water demand its determined, the rain water offer it's determined, the water with lost in  $m^3$  its determined and in some cases where the sanitary its found on superior floors, calculus are make to determinate the kind and pump power . Another of the obtained result, was the environmental and economic analyse, where the rain water advantage obtained for the most of the companies in the “manzana 15” from the “zona franca de Bogotá”, is feasible implementation.

## INTRODUCCIÓN

Desde hace muchos años el hombre aprovecha el agua superficial como fuente primaria para satisfacer sus necesidades físicas y de consumo por esta razón los ríos y quebradas siempre han sido el lugar preferencial de las primeras civilizaciones, allí el hombre estudia el uso del agua lluvia para el riego de cultivos y otras actividades agrícolas. Mediante el paso del tiempo las civilizaciones han crecido demográficamente y se han establecido en zonas áridas o semiáridas del planeta desarrollando formas de captación de agua lluvia como una alternativa para consumo y riego de cultivos. Siglos después este sistema de aprovechamiento de agua lluvia fue abandonado por la creación de nuevas tecnologías permitiendo el uso del agua superficial y subterránea (presas, acueductos, pozos de extracción y sistemas de irrigación). En el siglo XIX y XX los países del mundo presentan un gran crecimiento en sus poblaciones lo cual genera la necesidad de crear una red centralizada de acueducto, para otros casos se optó por la explotación del agua subterránea eliminando la posibilidad del uso de los sistemas de aprovechamiento de agua lluvia.<sup>1</sup>

Por esta razón en la actualidad nuevamente en algunas poblaciones donde las fuentes de agua son finitas, hay periodos bastante secos, no existe red de agua potable, el suministro es deficiente o el agua tiene un alto costo, por lo cual es insuficiente para abastecer a las comunidades, debido a esto nuevamente en las zonas donde el recurso es limitado se ha optado por usar los sistemas de aprovechamiento de agua lluvia para poder suplir con la gran demanda.

En cambio en Colombia no se ha presentado el uso de esta tecnología limpia, solo en casos de comunidades con problemas de abastecimiento de agua potable se utilizan sistemas para el aprovechamiento de agua lluvia, la mayoría de ellos son poco tecnificados lo cual ocasiona una baja calidad en el agua y baja eficiencia de los sistemas. Por ejemplo está el caso de la comunidad de la Bocana en Buenaventura, algunos asentamientos de la isla de San Andrés, la vereda Casuarito del municipio de Puerto Carreño (Vichada), entre otros. Este poco interés por el uso de esta tecnología se debe principalmente a que Colombia se caracteriza por tener una gran riqueza hídrica en fuentes superficiales de agua (embalses, ríos, lagos y quebradas), por esta razón es que por la facilidad que se tiene hacia el recurso se deja a un lado el uso de esta alternativa como lo es el aprovechamiento de agua lluvia. Sin embargo es importante resaltar que en Colombia existen casos aislados de diseños de instalaciones para el uso de agua lluvia como una fuente alterna. Algunos de estos casos son: el edificio de Alkosto Venecia (Bogotá), el de Alkosto Villavicencio, El edificio de Postgrados de Ciencias Humanas de la sede Bogotá de la Universidad Nacional, la comunidad de la Bocana en Buenaventura y en algunos corregimientos de Chocó como suministro de Agua Potable y el centro comercial Bima.<sup>1</sup>

Debido a la magnitud del proyecto para este trabajo de grado se tomaron las empresas pertenecientes a la manzana quince como prueba piloto con el fin de analizar si es posible almacenar y utilizar el agua lluvia en las empresas mediante el uso de la Guía de diseño para captación del agua de lluvia (Centro Panamericano de Ingeniería Sanitaria).

Es importante tener en cuenta que en cuanto a Colombia falta más conciencia e interés para iniciar proyectos como el que se presenta a continuación en el cual se pretende que a partir de un presupuesto inicial que se recuperara en cierto periodo y después será una ganancia tanto para la empresa como para el medio ambiente. Con el análisis económico realizado se podrá verificar que el proyecto es viable para que se implemente el sistema de aprovechamiento de agua lluvia, que puede ser utilizado para los procesos industriales y sanitarios de las empresas de la manzana quince en la Zona Franca de Bogotá.

---

<sup>1</sup>José Alejandro Ballén Suárez, Miguel Ángel Galarza García, Rafael Orlando Ortiz Mosquera. 2006. HISTORIA DE LOS SISTEMAS DE APROVECHAMIENTO DE AGUA LLUVIA. Seminario Iberoamericano sobre Sistemas de Abastecimiento Urbano de Agua, p. 3



## **1. DESCRIPCION DEL PROBLEMA**

La Zona Franca de Bogotá está ubicada en la localidad de Fontibón. En el occidente de esta zona se encuentra ubicado el Meandro del Say y en el oriente las cuatro lagunas aledañas utilizadas para manejar el sistema de drenaje del agua lluvia; el proceso del agua en la Zona Franca de Bogotá se divide en tres factores, el primero abarca todo el sistema de drenaje que se recolecta y es enviada hacia las lagunas, después se dirige a un tanque homogenización y por último es dirigida al río Bogotá, por esta razón el problema que se presenta en las Empresas de la Zona Franca son las inundaciones que se generan debido a que la capacidad de almacenamiento de cada laguna es muy baja, al tener una lluvia intensa la conducción del agua desde las lagunas hasta el río Bogotá genera desbordamientos debido al exceso, haciendo que el agua se devuelva llenando las lagunas a su nivel máximo, dirigiéndose hacia las empresas ya que estas se encuentran en un nivel topográfico más bajo que el río Bogotá, por lo tanto ahí se acumula con la precipitación presente del lugar generando inundaciones de toda el agua depositada, afectando a la Zona Franca de Bogotá.

Debido a este problema en el 2010 se presentó un desbordamiento de las lagunas y del río Bogotá hacia la Zona Franca lo cual generó una inundación que afectó diez empresas ubicadas al límite de las lagunas, este incidente ocasionó daños graves en los productos y materiales de estas empresas, considerables desde el punto de vista económico. A causa de esto se decidió optar por dos soluciones sencillas, la primera fue subir el jarillón del río y la segunda cuando las lagunas lleguen a su tope máximo las personas encargadas de las empresas deben transportar tres bombas de succión para bajar el nivel del agua, unas soluciones no muy efectivas ya que sigue existiendo la posibilidad de que se presenten fuertes épocas de lluvia ocasionando el aumento del nivel del río y que los encargados de bajar el nivel del agua de las lagunas dejen sus labores diarias afectando la producción de las empresas.

## **2. JUSTIFICACION**

El agua es el elemento natural más importante para la supervivencia humana por medio de su uso racional se puede lograr asegurar una cantidad limpia y de buena calidad a las generaciones futuras. Debido a la topografía predominante de la Zona Franca de Bogotá existen caudales de aguas de escorrentía para los cuales se tiene una red de recolección como lo son las tuberías que dirigen el agua de escorrentía al desagüe natural más cercano. Con el fin de evacuar y almacenar las aguas lluvias se diseñaron cuatro lagunas de almacenamiento.

Debido a las presentes e imprevisibles épocas de lluvia en Colombia atreves de los años se han generado inundaciones por causa de desbordamientos de ríos ocasionando daños graves a las infraestructuras en algunas ciudades del país. Considerando el caso particular del área de estudio se propone un diseño de un sistema de aprovechamiento de agua lluvia para reducir el volumen de agua enviado a las lagunas, disminuyendo inundaciones y utilizar este recurso en los procesos internos de las empresas. Inicialmente se plantea un proyecto en el cual se realizara un diseño para cada una de las empresas de toda la Zona Franca, pero debido a que es un proyecto macro se parte de la manzana 15 como prueba piloto, para analizar si es posible disminuir el agua enviada a las lagunas por parte de las empresas mediante este diseño, permitiendo recolectar este recurso por medio de canaletas las cuales van a estar conectadas a un tanque de almacenamiento intermedio donde se le realizara un tratamiento primario con un filtro lento de arena para que esté libre de agentes biológicos, insectos, hojas o algún tipo de material que pueda afectar la tubería o el funcionamiento de las máquinas industriales (hornos, Inyectoras, extrusoras, evitando pérdidas económicas); con el fin de establecer si el proyecto es viable para su implementación en todas las empresas pertenecientes a la Zona Franca.

### **3. OBJETIVOS**

#### **3.1 Objetivo general**

Diseñar un sistema que permita la captación de agua lluvia para la Manzana 15 de la Zona Franca de Bogotá para reducir el volumen de agua que almacenan las lagunas, utilizándola como fuente secundaria del agua potable en los procesos industriales, sanitarios y así poder disminuir futuras inundaciones.

#### **3.2 Objetivos específicos**

- Realizar estudio de información geográfica en la Zona Franca, utilizando el software SIG.
- Evaluar la hidrología y el uso de las aguas lluvias de la manzana 15, diseñando unas estructuras que permitan su recolección por medio de un sistema sostenible.
- Realizar un análisis económico y ambiental para verificar la viabilidad del proyecto.

## **4. MARCO REFERENCIAL**

### **4.1 MARCO HISTÓRICO**

#### **4.1.1 HISTORIA DE LOS SISTEMAS DE APROVECHAMIENTO DE AGUA LLUVIA**

Según los autores, Miguel Ángel Galarza García, José Alejandro Ballén Suarez y Rafael Orlando Ortiz Mosquera mediante su estudio nos enseñan el uso de sistemas de aprovechamiento de agua lluvia desde los años 4000 a.C. hasta los sistemas actuales, los cuales son usados de manera intensiva en muchas zonas del planeta.<sup>2</sup>

Desde la época antigua el hombre utiliza el agua superficial como principal fuente de abastecimiento, consumo y vía de transporte, por esta razón los ríos y las quebradas siempre han sido un lugar preferencial para construir las primeras civilizaciones, allí el hombre el hombre descubre la primera aplicación para el uso del agua lluvia; pero no depende de ella para su supervivencia debido al uso del agua superficial. Mediante el paso del tiempo las civilizaciones crecieron demográficamente empezando a ocupar zonas áridas o semiáridas del planeta, a partir de ahí se comenzaron a desarrollar formas de captación de agua lluvia como una alternativa para consumo y riego de cultivos.<sup>2</sup>

Se presentan los ejemplos más importantes de las formas de aprovechamiento de agua lluvia a través de la historia: En el desierto de Negev, en Israel y Jordania, se han descubierto sistemas de captación de agua lluvia desde los años 4000 a.C., también en las zonas altas de Yemen (Figura No1) donde las lluvias son escasas se encontraron edificaciones que fueron construidas antes del año 1000 a.C., que contaron con patios y terrazas para captar y almacenar el agua lluvia. Durante la Republica Romana (siglos III y IV a.C.) la ciudad de Roma contaba con viviendas unifamiliares llamadas “la Domus” las cuales se caracterizaban por tener un espacio principal donde se instalaba un estanque principal para recolectar el agua lluvia. El Loess Plateau en la provincia de Gansu en China existían pozos y jarras para la captación de agua lluvia desde hace más de 2000 a.C.<sup>2</sup>

---

<sup>2</sup>José Alejandro Ballén Suárez, Miguel Ángel Galarza García, Rafael Orlando Ortiz Mosquera. 2006. HISTORIA DE LOS SISTEMAS DE APROVECHAMIENTO DE AGUA LLUVIA. Seminario Iberoamericano sobre Sistemas de Abastecimiento Urbano de Agua, p.1-11

**Figura N° 1. Cisterna a cielo abierto para la recolección de agua lluvia Yemen**



Fuente: LAUREANO, Pietro.

Según el autor Pedro Milan Solano en su página web de captación de agua pluvial y aprovechamiento de aguas grises nos plantea que en Centroamérica se conoce el caso del imperio Maya donde sus reyes mantenían a sus pueblos de manera práctica. Al sur de la ciudad Oxkutzcab en el pie de la montaña Puuc, en el siglo X a.C. el abastecimiento de agua para la población se hacía por medio de una tecnología para el aprovechamiento de agua lluvia, este sistema consistía en unas cisternas llamadas “Chultuns” que tenían un diámetro de 5 m, y eran excavadas en el suelo e impermeabilizadas con yeso para la captación del agua lluvia, en otras zonas de las tierras bajas, como Edzna. Los pobladores precolombinos de esta ciudad construyeron un canal de 50 m de ancho y 1 m de profundidad para captar el agua lluvia, la cual era usada para consumo y riego de cultivos.<sup>3</sup>

---

<sup>3</sup>Pedro Milan Solano. CAPTACION Y APROVECHAMIENTO DE AGUAS GRISES. [En línea]. [21 de noviembre 2013] disponible en: (<http://prezi.com/i6wnnizk9kkg/captacion-de-agua-pluvial-y-aprovechamiento-de-aguas-grises/>)

Según los autores, Miguel Ángel Galarza García, José Alejandro Ballén Suarez y Rafael Orlando Ortiz Mosquera, plantean que siglos después el uso de sistemas de aprovechamiento de aguas lluvias disminuyó debido a la aparición de nuevas tecnologías para la utilización del agua superficial y subterránea (acueductos, presas, pozos de extracción y sistemas de irrigación). En el siglo XIX y XX las ciudades de la mayoría de los países experimentan un cambio por el crecimiento económico, creando un suministro de agua para toda la población con la recolección de agua superficial para ser enviada por una red centralizada de acueducto, en algunos casos se optó por la explotación del agua subterránea. Por lo tanto en los dos casos no se tiene en cuenta el uso de sistemas de aprovechamiento de agua lluvia u otros sistemas alternativos.<sup>4</sup>

#### **4.2 Estado Actual**

Según los autores, Miguel Ángel Galarza García, José Alejandro Ballén Suarez y Rafael Orlando Ortiz Mosquera, plantean que los sistemas de aprovechamiento de agua lluvia son el resultado de las necesidades, recursos disponibles y las condiciones ambientales de cada región solo cuando no hay red de agua potable, el suministro es muy escaso, o el agua es de un costo muy alto se buscan sistemas alternativos de abastecimiento, en este caso de sistemas de aprovechamiento de agua lluvia, por lo tanto se evidencia el uso de estos sistemas por causa de la ocurrencia de los tres factores anteriores en los siguientes continentes: Asia, África, Suramérica, Centroamérica, Norteamérica, Europa, Oceanía y Pequeñas Islas.<sup>4</sup>

En Colombia existe una gran riqueza hídrica por tal razón las poblaciones se abastecen de fuentes superficiales de agua (embalses, ríos y quebradas). Debido a esto se ha dejado a un lado el desarrollo de tecnologías alternativas para el suministro de agua como lo es el caso del aprovechamiento del agua lluvia. Como se nombró anteriormente en algunos casos en las comunidades que presentan problemas de abastecimiento de agua potable se utilizan los sistemas de aprovechamiento de agua lluvia pero la mayoría de estos son de poco desarrollo tecnológico lo que genera una baja calidad del agua y de los sistemas. Como casos aislados existen algunas edificaciones de tipo comercial o institucional donde se han llevado a cabo diseños de instalaciones hidráulicas para el aprovechamiento del agua lluvia satisfaciendo total o parcialmente la demanda.<sup>4</sup>

---

<sup>4</sup> José Alejandro Ballén Suárez, Miguel Ángel Galarza García, Rafael Orlando Ortiz Mosquera, op. Cit, p.1-11

### 4.3 Marco Teórico

Según los autores Rubén Medina Carrillo, Wagner Peña Cordero y María Félix Obando Briseño de la Universidad Estatal a Distancia, Guanacaste, Costa Rica dicen que los sistemas de captación de agua lluvia son milenarios, países como Brasil, Israel, México, Estados Unidos, India, China, entre otros. Los sistemas de captación de agua lluvia se crean como una alternativa de producción tecnológicamente accesible y ecológicamente viable, teniendo en cuenta la factibilidad técnica y financiera para el desarrollo de estos sistemas con el fin de analizar la posibilidad de implementar el sistema o no. En muchos lugares del mundo con alta o media precipitación donde no se dispone de redes de suministro de agua se recurre al agua lluvia como fuente de abastecimiento.<sup>5</sup>

El aprovechamiento de agua lluvia es una práctica ambiental si se tiene en cuenta la gran cantidad del recurso sobre las cuencas hidrográficas, el alto grado de contaminación sobre las fuentes superficiales y los altos costos por consumo de agua potable. Es viable presentar la ingeniería conceptual de una propuesta de aprovechamiento de agua lluvia como una alternativa para el ahorro de agua potable en usos tales como la descarga de sanitarios, el lavado de zonas comunes, enfriamiento de máquinas, entre otros. Además se puede presentar un análisis de la viabilidad económica y técnica de dicho aprovechamiento. Desarrollando tres aspectos principales: i) cálculo de los volúmenes disponibles de agua lluvia en la zona estudiada, (ii) evaluación del volumen de agua potable ahorrado con el aprovechamiento del agua lluvia y (iii) estimación del presupuesto para la construcción del sistema y la proyección del ahorro generado al utilizar la solución propuesta.<sup>6</sup>

El aprovechamiento de agua lluvia para edificaciones de tipo industrial es una práctica de fácil implementación que permite disminuir los consumos de agua potable obteniendo un ahorro económico por tales consumos y generando así un uso eficiente del recurso de tal manera que en aquellos procesos en los cuales el agua potable no es indispensable pueda ser abastecido por el agua lluvia.

---

<sup>5</sup>Rubén Medina Carrillo, Wagner Peña Cordero, María Félix Obando Briseño. SISTEMAS DE CAPTACION DE AGUA LLUVIA PARA LA PRODUCCION AGROPECUARIA SOSTENIBLE. [En línea]. [Junio 2012] disponible en:(<http://estatico.uned.ac.cr/rna/documents/Revistaadministracion08.pdf>)

<sup>6</sup>PALACIO, Natalia. Propuesta de un sistema de aprovechamiento de agua lluvia, como alternativa para el ahorro de agua potable, en la institución educativa maría auxiliadora de caldas. Antioquia, 2010, Universidad de Antioquia.

El agua lluvia puede ser interceptada, colectada y almacenada en depósitos especiales para su uso posterior debido a sus condiciones físico químicas son susceptibles de emplearse en muchos tipos de proceso sin ningún problema, la precipitación cambia de acuerdo a las condiciones del lugar y la dirección, también es diferente en el transcurso de los meses no es igual la precipitación de un mes a otro. Se debe tener en cuenta el diseño de los sistemas de drenaje con el fin de identificar el mejor aprovechamiento y uso del sistema de captación de agua lluvia, conociendo la pérdida de agua para identificar el total de agua que podemos utilizar. Los factores que se deben tomar en cuenta en un sistema de captación de aguas lluvias son:

- Precipitación media por año
- Precipitación mínima por año
- Consumo diario
- Superficies recolectoras
- Superficie de riego disponible
- Consistencia del suelo
- Existencia de drenaje pluvial
- Espacio para el almacenamiento

Se debe considerar la escorrentía presente en la zona y la precipitación que recogerán las áreas del sector decido a estudiar, la cantidad de la escorrentía superficial depende de las características de la precipitación, clima, suelo, vegetación, pendiente y tamaño del área seleccionada.

#### **4.4 Marco Conceptual**

**4.4.1 Sistema de captación de agua de lluvia:** Consiste en la recolección o acumulación y el almacenamiento de agua precipitada, para ser utilizada posteriormente para cualquier uso. Un sistema básico de captación de agua está compuesta por: captación, recolección-conducción y almacenamiento.

**4.4.2 Área de captación:** Es la superficie sobre la cual cae la lluvia. Las áreas que se utilizan para este fin son los techos de casas habitación, escuelas, bodegas, invernaderos y laderas revestidas o tratadas con materiales que la impermeabilizan. Es importante que los materiales con que están construidas estas superficies, no desprendan olores, colores y sustancias que puedan contaminar el agua pluvial o alterar la eficiencia de los sistemas de tratamiento. Además, la superficie debe ser de tamaño suficiente para cumplir la demanda y tener la pendiente requerida para facilitar el



escurrimiento pluvial al sistema de conducción; es importante mencionar que solo se debe considerar la proyección horizontal del área de captación y expresarla en m<sup>2</sup>.

#### **4.4.3 Tipos de techos para la captación.**

**4.4.3.1 Techos:** En las zonas urbanas los techos están contruidos de concreto, aleación de lámina galvanizada y antimonio; en las zonas periurbanas y rurales, de concreto, láminas de asbesto, lámina galvanizada, madera y paja; también se pueden utilizar las superficies impermeables (canchas, patios, estacionamientos), que no desprendan residuos o contaminantes al contacto con el agua e incrementen el costo del tratamiento para obtener un producto de calidad. En el caso de materiales de concreto se deben limpiar antes de impermeabilizar; si son de lámina galvanizada o asbesto se recomienda revisar si tienen algún deterioro y en su caso sustituirlas por otros, antes de su impermeabilización. Además, se requiere asegurar y verificar que sus estructuras soporten el peso de las canaletas más el agua de lluvia.

**4.4.3.2 Techos cuenca:** Son estructuras diseñadas para la recolección directa del agua de lluvia compuesta básicamente de dos secciones: el techo, que funciona como área de contribución y retardador de evaporación, abajo de éste se encuentra el tanque o cisterna de almacenamiento. El techo está formado por dos superficies que convergen en un canal central lo cual permite que el agua de lluvia se conduzca directamente por gravedad a la cisterna. Para indicar el nivel de almacenamiento se instala un piezómetro en la pared externa del tanque. El sistema de conducción del agua consiste de una válvula de salida, continuada por una tubería para terminar en una llave para el uso público.

#### **4.4.4 Sistema de conducción**

El sistema de conducción se refiere al conjunto de canaletas o tuberías de diferentes materiales y formas que conducen el agua de lluvia del área de captación al sistema de almacenamiento a través de bajadas con tubo de PVC (Poli cloruro de Vinilo).

#### **4.4.7 Factores de un sistema de captación de agua lluvia**

En el diseño de un sistema de captación de agua de lluvia es necesario considerar los factores técnicos, económicos y sociales.

#### **4.4.7.1 Factor Técnico**

Los factores técnicos a tener presente son la oferta y la demanda de agua:

- a. **Oferta de agua:** está relacionada directamente con la precipitación durante el año y con las variaciones estacionales de la misma. Por ello, en el diseño de sistemas de captación de agua de lluvia es altamente recomendable trabajar con datos suministrados por la autoridad competente y normalmente representada por la oficina meteorológica del país o de la región donde se pretende ejecutar el proyecto.
- b. **Demanda de agua:** A su vez, la demanda depende de las necesidades del interesado y que puede estar representada por solamente el agua para consumo humano, hasta llegar a disponer de agua para todas sus necesidades básicas como son preparación de alimentos, higiene de personal, lavado de vajillas y de ropa e inclusive riego de jardines.

#### **4.4.7.2 Factor económico**

Al existir una relación directa entre la oferta y la demanda de agua, las cuales inciden en el área de captación y el volumen de almacenamiento, se encuentra que ambas consideraciones están íntimamente ligadas con el aspecto económico, lo que habitualmente resulta una restricción para la mayor parte de los interesados, lo que imposibilita acceder a un sistema de abastecimiento de esta naturaleza. Así mismo, los costos del sistema propuesto deben ser comparados con los costos de otras alternativas destinadas al mejoramiento del abastecimiento de agua, teniendo presente el impacto que representa la cantidad de agua en la salud de las personas beneficiadas por el servicio de agua.

#### **4.4.7.3 Factor Social**

En la evaluación de las obras de ingeniería a nivel comunitario, siempre se debe tener presente los factores sociales, representados por los hábitos y costumbres que puedan afectar la sostenibilidad de la intervención. Al efecto, el profesional responsable del estudio debe discutir con la comunidad las ventajas y desventajas de la manera tradicional de abastecimiento de agua y de la tecnología propuesta, buscando que la propia comunidad seleccione lo que más le conviene emplear. Este análisis debe considerar la conveniencia de adoptar soluciones individuales y colectivas, el tipo de material empleado en la fabricación de sus techos, la existencia de materiales alternativos en el lugar o sus alrededores y el grado de participación de la comunidad en la implementación del proyecto.

#### 4.4.8 Componentes

El sistema de captación de agua de lluvia en techos está compuesto de los siguientes elementos: a) captación; b) conducción; c) tratamiento primario y almacenamiento; d) distribución.

**4.4.8.1 Captación:** En esta parte del proceso es donde por medio de canaletas que se le implementarían en los techos de las empresas en la manzana 15 para el manejo de lluvias al cual se le quiere implementar un sistema de malla galvanizada que estarían distribuidas por encima de las canaletas impidiendo el paso de materiales de gran tamaño como hojas, insectos, etc.

**4.4.8.2 Conducción:** En esta parte del proceso el agua es conducida por medio de las tuberías que están conectadas a las canaletas dirigiéndose hacia el tanque intermedio, donde este tendrá un (Filtro lento de arena). Después es dirigida a un tanque de almacenamiento subterráneo para ser bombeada a un tanque de distribución el cual enviara el agua a las partes de interés en la empresa.

**4.4.8.3 Tratamiento primario:** En esta etapa del proceso el agua de lluvia pasa al tanque intermedio el cual será el de filtración lenta con arena donde al agua se le reducirá el contenido de sólidos suspendidos pasando por arena, grava, piedra y carbón activo para remover sulfatos y nitratos presentes en el agua sin tener necesidad de usar sustancias químicas estabilizadores de pH, para que después sea distribuida a la empresa.

**4.4.8.4 La unidad de almacenamiento:** Debe ser duradera y al efecto debe cumplir con las especificaciones siguientes:

- Impermeable para evitar la pérdida de agua por goteo. De no más de 2 metros de altura para minimizar las sobrepresiones.
- Dotado de tapa para impedir el ingreso de polvo, insectos y de la luz solar.
- Disponer de una escotilla con tapa sanitaria lo suficientemente grande como para que permita el ingreso de una persona para la limpieza y reparaciones necesarias.
- La entrada y el rebose deben contar con mallas para evitar el ingreso de insectos y animales.

#### 4.4.8.5 Distribución y uso:

En esta etapa después de ser tratada el agua de lluvia es distribuida a los baños donde tendrá una válvula de retención horizontal para cuando el agua de lluvia

se termine, se pueda usar el agua potable y segundo para los procesos industriales. Sin embargo hay que tener en cuenta que esta red debe ir paralela a la red de acueducto, y debe llegar a los puntos hidráulicos donde se utilizará el agua lluvia.

#### **4.4.9 Bases del diseño;**

Antes de emprender el diseño de un sistema de captación de agua pluvial, es necesario tener en cuenta los aspectos siguientes:

- Precipitación en la zona. Se debe conocer los datos pluviométricos de por lo menos los últimos 10 años, e idealmente de los últimos 15 años.
- Tipo de material del que está construida la superficie de captación,
- Número de personas beneficiadas, y demanda de agua.

---

<sup>7</sup>VELASQUEZ, José. Captación de agua lluvia en México. Cuernavaca, 2010, Escuela de la ciudad de Cuernavaca.

<sup>8</sup>MENDES, Daniel, HIDALGO Katherine, SPALEK Videlm. Diseño de instalaciones sanitarias para el aula abierta. [En línea]. [18 de julio 2013] disponible en: (<http://www.siamb.did.usb.ve/pdf/ESA%20AGU%2024-3893934848/ESA%20AGU%2024.pdf>)

#### 4.4.10 Criterios de diseño

##### 4.4.10.1 Cálculo del Volumen del Tanque de Almacenamiento

Se toma como base de datos la precipitación de los 10 ó 15 últimos años. Mediante este cálculo se determinó la cantidad de agua recolectada por metro cuadrado de superficie de techo y a partir de ella se determina a) el área de techo y la capacidad del tanque de almacenamiento, o b) el volumen de agua y la capacidad del tanque de almacenamiento para una determinada área de techo. Los pasos a seguir para el diseño del sistema de captación de agua de lluvia son:

##### 4.4.10.2 Determinación de la precipitación promedio mensual

A partir de los datos promedios mensuales de precipitación de los últimos 10 ó 15 años se obtiene el valor promedio mensual del total de los años evaluados. Este valor puede ser expresado en términos de milímetros de precipitación por mes, o litros por metro cuadrado y por mes que es capaz de colectarse en la superficie horizontal del techo.

**Ecuación N°1**

$$Pp_i = \frac{\sum_{i=1}^n p_i}{n}$$

**n**= número de años evaluados

**Pi**= valor de precipitación mensual del mes “enero” hasta “diciembre” , (mm)

**Pp<sub>i</sub>**= precipitación promedio mensual del mes “enero” hasta “diciembre” de todos los años evaluados (mm)

##### 4.4.10.3 Determinación de la demanda

A partir de la dotación necesaria para los trabajadores de las empresas se calcula la cantidad de agua que se necesita para atender las necesidades de la organización en cada uno de los meses.

**Ecuación N°2**

$$D_1 = \frac{Nu \times Nd \times Dot}{1000}$$

**Nu**= número de usuarios que se benefician del sistema

**Nd**= número de días del mes analizado

**Dot**= dotación (L/trabajador. Día)

**D<sub>1</sub>**= demanda mensual (m<sup>3</sup>)

#### **4.4.10.4 Oferta de agua lluvia en el mes (A<sub>i</sub>)**

Utilizando los promedios mensuales de precipitación de todos los meses evaluados incluyendo el material de techo y coeficiente de escorrentía, se procede a determinar la cantidad de agua lluvia captada para las diferentes áreas de techo.

$$\text{Ecuación N°3}$$
$$A_i = \frac{P_{pi} \times C_e \times A_c}{1000}$$

**P<sub>pi</sub>** = precipitación promedio mensual (L/m<sup>2</sup>)

**C<sub>e</sub>** = coeficiente de escorrentía

**A<sub>c</sub>** = área de captación (m<sup>2</sup>)

**A<sub>i</sub>** = abastecimiento de agua correspondiente al mes (m<sup>3</sup>)

#### **4.4.10.5 Oferta de agua con pérdidas en m<sup>3</sup>**

De acuerdo con el manual de captación de agua lluvia (Centro panamericano de ingeniería sanitaria), se asume un valor del 20% anual en pérdidas debidas a la evaporación, a la textura del material del techo, a las pérdidas en las canaletas y en el almacenamiento, y a la ineficiencia del sistema de captación, por tal razón se afecta el volumen de la oferta disponible por ese porcentaje para no sobredimensionar el sistema e incluir en el diseño las pérdidas asociadas. De ésta manera ese valor porcentual se distribuye uniformemente durante los doce meses del año para determinar la oferta mensual, de la siguiente manera.

$$\text{Ecuación N°4}$$
$$A' i = A_i \left[ \frac{A_i \times 0.2}{12} \right]$$

**A' i** = oferta de agua en el mes teniendo en cuenta las pérdidas (m<sup>3</sup>)

**A<sub>i</sub>**= oferta de agua en el mes

Teniendo como base los valores obtenidos en la determinación de la demanda mensual de agua potable y de la oferta mensual de agua lluvia, se procede a calcular el acumulado de cada uno de ellos mes a mes, encabezado por el mes de mayor precipitación u oferta de agua. A continuación se procede a calcular la diferencia de los valores acumulados de oferta y demanda de cada uno de los meses.

#### **4.4.10.6 Volumen del tanque de almacenamiento (m<sup>3</sup> al mes)**

**Ecuación N°5**

$$V = A' i - D_1$$

**V**= volumen del tanque

**A'i**= Oferta de agua con pérdidas en m<sup>3</sup>

**D<sub>1</sub>**= Demanda del agua (m<sup>3</sup> al mes)

#### **4.4.10.7 Volumen del tanque de almacenamiento (L/día)**

**Ecuación N° 6**

$$\text{Volumen (Litro al día)} = \frac{V\left(\frac{\text{m}^3}{\text{mes}}\right) \times 1000}{30}$$

**V<sub>(L/día)</sub>**= volumen del tanque (L/día)      **V<sub>(m<sup>3</sup> al mes)</sub>**= volumen del tanque (m<sup>3</sup>/mes)

---

<sup>9</sup>Centro Panamericano de Ingeniería Sanitaria. Guía de diseño para captación de agua lluvia. Lima. [En línea]. [9 de Enero 2013] disponible en: (<http://www.aguasinfrenteras.org/PDF/AGUA%20DE%20LLUVIA.pdf>)

#### 4.4.11 Sistema de bombeo

##### 4.4.11.1 Dotación Neta

Es la cantidad máxima de agua requerida para satisfacer las necesidades básicas de una persona sin considerar las pérdidas que ocurran en el sistema de acueducto.

##### Ecuación N° 7

$$\text{Consumo de agua} = \frac{m\Lambda 3 \times 1000}{30} = \text{Litro al día}$$

##### 4.4.11.2 Dotación Bruta

Es la cantidad máxima de agua requerida para satisfacer las necesidades básicas de un trabajador considerando para su cálculo el porcentaje de pérdidas que ocurran en el sistema de acueducto.

**Tabla 1. Dotación neta según el Nivel de Complejidad del Sistema**

Nivel de complejidad del sistema	Dotación neta mínima (L/hab-día)	Dotación neta máxima (L/hab-día)
Bajo	100	150
Medio	120	175
Medio Alto	130	
Alto	150	

**Tabla 2. Porcentajes máximos admisibles de pérdidas técnicas**

Nivel de complejidad del sistema	Porcentajes máximos admisibles de pérdidas técnicas para el cálculo de la dotación bruta
Bajo	40 %
Medio	30 %
Medio Alto	25 %
Alto	20 %



## Dotación Bruta

### Ecuación N° 8

$$\frac{Dotacion\ neta}{(1 - \%P)}$$

%P: pérdidas técnicas máximas admisibles

El porcentaje de pérdidas técnicas para determinar la dotación bruta no debe ser superior al porcentaje de pérdidas establecido en la tabla de porcentajes máximos admisibles de pérdidas técnicas.

#### 4.4.11.3 Caudal medio diario

El caudal medio diario, Qmd, es el caudal medio calculado para los trabajadores, teniendo en cuenta la dotación bruta asignada. Corresponde al promedio de los consumos diarios en un período de un año y puede calcularse mediante la siguiente ecuación:

### Ecuación N° 9

$$Qmd = \frac{P \times dotacion\ bruta}{86400}$$

P= Período de diseño

#### 4.4.11.4 Caudal máximo diario

El caudal máximo diario, QMD, corresponde al consumo máximo registrado durante 24 horas durante un período de un año. Se calcula multiplicando el caudal medio diario por el coeficiente de consumo máximo diario, k1

**Tabla 3. Coeficiente de consumo máximo diario, k1 según el Nivel de Complejidad del Sistema**

Nivel de complejidad del sistema	Coeficiente de consumo máximo diario K1
Bajo	1,3
Medio	1,3
Medio Alto	1,2
Alto	1,2

El caudal máximo diario se calcula mediante la siguiente ecuación

**Ecuación N° 10**

$$QMD = Qmd * K1$$

**4.4.11.5 Caudal de diseño**

El porcentaje de utilización de la bomba en el día es:

**Ecuación N° 11**

$$\% = \frac{\text{Numero de horas de bombeo}}{24} \times 100\%$$

**Ecuación N° 12**

$$Q_{\text{diseño}} = \frac{QMD \left( \frac{m^3}{s} \right)}{\% \text{ de utilización de la bomba}}$$

**4.4.11.6 Tubería de impulsión**

**Ecuación N° 13**

Según la ecuación de Bresse:

$$D_1 = 1,3 X^{1/4} \sqrt{Q}$$

$D_1$  = Diámetro de la tubería de impulsión

$X$  = % de utilización de la bomba

$Q$  = Es el caudal de diseño

**4.4.11.7 Velocidad de impulsión**

**Ecuación N° 14**

$$V_1 = \frac{Q}{A} = \frac{Q \times 4}{\pi \times (D_1)^2}$$

#### **4.4.11.8 Pérdidas en la impulsión**

##### **Ecuación N° 15**

$$h_{fi} = \frac{(Q_{diseño})^{\Delta 1,85} \times LE}{(0,2785)^{\Delta 1,85} \times C^{\Delta 1,85} \times (D1)^{\Delta 4,865}}$$

$h_{fi}$  = perdidas en la impulsión

$Q_{diseño}$  = caudal de diseño

$LE$  = Longitud equivalente

$C$  = Coeficiente de rugosidad de la tubería de Poli cloruro de vinilo (PVC)

$D1$  = diámetro de la tubería de impulsión

#### **4.4.11.9 Altura de velocidad en la descarga**

##### **Ecuación N° 16**

$$(V_1) = \frac{Vd^{\Delta 2}}{2 \times g}$$

#### **4.4.11.10 Altura estática total de elevación**

##### **Ecuación N° 17**

Altura estática de succión + altura estática de impulsión

#### **4.4.11.11 Tubería de succión**

##### **Diámetro succión ( $D_s$ )**

Según el libro de “Obras Hidráulicas Rurales de Hernán Materon de Universidad del Valle” mediante el cálculo del diámetro de impulsión se supone el diámetro de succión para que la velocidad de succión de menor a 1,6 m/s

##### **Velocidad de succión**

Se utiliza la Ecuación N° 14

##### **Perdidas en la succión**

Se utiliza la Ecuación N° 15

## Sumergencia

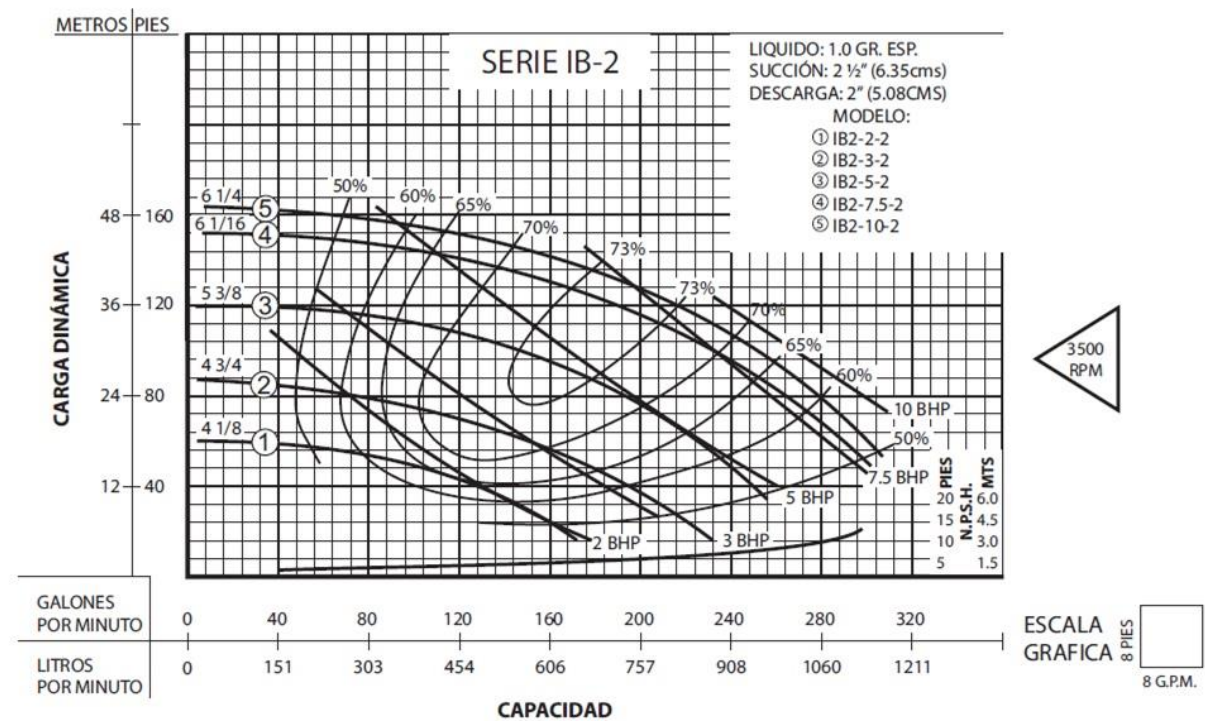
### Ecuación N° 18

$2,5 \times \text{Diámetro de succión} + 0,1$

Gráfica N° 1: Selección Bomba



## CURVA DE RENDIMIENTO BOMBA CENTRIFUGA TIPO CARACOL



Fuente: Obras Hidráulicas Rurales de Hernán Materon de Universidad del Valle

#### 4.4.11.12 Cavitación

##### Carga neta positiva de succión (CNPS<sub>d</sub>)

##### Ecuación N° 19

**CNPS<sub>d</sub>** = (Altura barométrica – (Altura estática + Perdidas fricción +  $V^2/2g$ )<sub>Succión</sub>) –  
Presión de vapor

**Tabla 4. Presión atmosférica**

Presión Atmosférica		
Altitud (m)	Altura máxima de succión (mmHg)	Altura máxima de succión (m H2O)
0	760	10.3351
500	715.99	9.751
1000	674.07	9.180
1500	634.16	8.637
2000	596.18	8.120
2500	560.07	7.628
3000	525.75	7.160
3500	493.15	6.716
4000	462.21	6.295

Fuente: Obras Hidráulicas Rurales de Hernán Materon de Universidad del Valle

**Tabla 5. Tensior de vapor**

Tensión de vapor	
Temperatura °C	Presión de vapor (m)
5	0.0089
10	0.125
15	0.174
20	0.239
25	0.324

Fuente: Obras Hidráulicas Rurales de Hernán Materon de Universidad del Valle

#### 4.4.11.13 Potencia de la bomba

##### Ecuación N° 20

$$P = \frac{\gamma \times Q \times H}{746 \times n} = \text{Hp (caballos de fuerza)}$$

##### Ecuación N° 21

$$P = \frac{\gamma \times Q \times H}{e} = \text{Kw}$$

P= Potencia de la bomba

$\gamma = 9,81 \text{ KN/m}^3$ ;  $9800 \text{ N/m}^3$

Q= Caudal

H= Altura dinámica total de elevación

n= eficiencia de la bomba

---

<sup>10</sup>Ras-2000.reglamento técnico del sector de agua potable y saneamiento básico. Colombia. [En línea]. [26 de mayo de 2014] disponible en: ([http://cra.gov.co/apc-aa/files/37383832666265633962316339623934/4.\\_Sistemas\\_de\\_acueducto.pdf](http://cra.gov.co/apc-aa/files/37383832666265633962316339623934/4._Sistemas_de_acueducto.pdf)).

<sup>11</sup> MATERON, Hernán. Obras Hidráulicas Rurales. Edición Número 2. Valle: Editorial Universidad del Valle, 1997. 146-161p.

## **4.5 Marco Legal**

### **4.5.1 Normatividad Ambiental**

“Según lo establecido por la Ley 99 de 1993 y el Decreto-Ley 216 de 2003, el Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial –MAVDT, como coordinador del Sistema Nacional Ambiental, es el organismo rector de la gestión del medio ambiente y de los recursos naturales renovables, encargado de definir y formular, garantizando la participación de la comunidad, las políticas y regulaciones a las que se sujetarán la recuperación, conservación, protección, ordenamiento, manejo, uso y aprovechamiento de los recursos naturales renovables, entre ellos el agua”<sup>12</sup>

#### **4.5.2.1**

##### **Decreto 1594 / 84 (Derogado por el Dec. 1595 /94)**

“Se dictan los diferentes usos que se le debe dar al recurso hídrico según sus propiedades físico químicas (criterios de calidad admisible), estableciendo las prioridades de este recurso (para consumo humano)”<sup>13</sup>

#### **4.5.2.2**

##### **Decreto 3930 de 2010**

“Establece las disposiciones relacionadas con los usos del recurso hídrico, el Ordenamiento del Recurso Hídrico y los vertimientos al recurso hídrico, al suelo y a los alcantarillados. Aplica a las autoridades ambientales competentes definidas en el artículo 3° del presente decreto, a los generadores de vertimientos y a los prestadores del servicio público domiciliario de alcantarillado”<sup>14</sup>

---

<sup>12</sup>Viceministerio de ambiente. Política nacional para la gestión integral del recurso hídrico. Colombia. [En línea]. [11 de Marzo 2013] disponible en: (<http://www.intecol.edu.co/images/subidas/NORMATRABAJOSESCRITOICONTEC.pdf>)

<sup>13</sup>Alcaldía de Bogotá. Decreto 1594 de 1984. Colombia. [En línea]. [11 de Mayo 2013] disponible en: (<http://www.alcaldiabogota.gov.co/sisjur/normas/Norma1.jsp?i=18617>)

<sup>14</sup>Alcaldía de Bogotá. Decreto 3930 de 2010. Colombia. [En línea]. [11 de Mayo 2013] disponible en: (<http://www.alcaldiabogota.gov.co/sisjur/normas/Norma1.jsp?i=40620>)

#### **4.5.2.3 Decreto 2811 de 1974, libro II parte III**

##### **Art. 86 a 89:**

##### **Derecho a uso del agua.**

“El uso deberá hacerse sin establecer derivaciones, ni emplear máquina ni aparato, ni detener o desviar el curso de las aguas, ni deteriorar el cauce o las márgenes de la corriente, ni alterar o contaminar aguas que en forma que se imposibilite su aprovechamiento por terceros”<sup>15</sup>

##### **Art.134 a 138:**

##### **Prevención y control de contaminación**

- Corresponde al Estado garantizar la calidad del agua para consumo humano, y en general, para las demás actividades en que su uso es necesario. Para dichos fines deberá:
- Realizar la clasificación de las aguas y fijar su destinación y posibilidades de aprovechamiento mediante análisis periódicos sobre sus características físicas, químicas y biológicas. A esta clasificación se someterá toda utilización de aguas.
- Señalar y aprobar los métodos técnicos más adecuados para los sistemas de captación, almacenamiento, tratamiento y distribución del agua para uso público y privado;
- Ejercer control sobre personas naturales o jurídicas, públicas o privadas, para que cumplan las condiciones de recolección, abastecimiento, conducción y calidad de las aguas;
- Controlar la calidad del agua, mediante análisis periódicos, para que se mantenga apta para los fines a que está destinada, de acuerdo con su clasificación<sup>15</sup>

---

<sup>15</sup>Alcaldía de Bogotá. Decreto 2811 de 1974. Colombia. [En línea]. [19 de Mayo 2013] disponible en: (<http://www.alcaldiabogota.gov.co/sisjur/normas/Norma1.jsp?i=1551>)



#### **4.5.2.4 Ley 373 de 1997**

**Trata sobre uso eficiente y ahorro que se le debe dar al recurso hídrico.**

“El programa de uso eficiente y ahorro de agua, será quinquenal y deberá estar basado en el diagnóstico de la oferta hídrica de las fuentes de abastecimiento y la demanda de agua, y contener las metas anuales de reducción de pérdidas, las campañas educativas a la comunidad, la utilización de aguas superficiales, lluvias y subterráneas, los incentivos y otros aspectos que definan las Corporaciones Autónomas Regionales y demás autoridades ambientales, las entidades prestadoras de los servicios de acueducto y alcantarillado, las que manejen proyectos de riego y drenaje, las hidroeléctricas y demás usuarios del recurso, que se consideren convenientes para el cumplimiento del programa”<sup>16</sup>

#### **4.5.2.5 Estatuto tributario**

##### **Capítulo iii**

**Impuesto sobre las ventas - iva e impuesto nacional al consumo**

**Art. 424. Bienes que no causan el impuesto**

“El siguiente bien se halla excluido y por consiguiente su venta o importación no causa el impuesto sobre las ventas. Para tal efecto se utiliza la nomenclatura arancelaria andina vigente:

Los equipos y elementos nacionales o importados que se destinen a la construcción, instalación, montaje y operación de sistemas de control y monitoreo, necesarios para el cumplimiento de las disposiciones, regulaciones y estándares ambientales vigentes, para lo cual deberá acreditarse tal condición ante el Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible”<sup>17</sup>

---

<sup>16</sup>Alcaldía de Bogotá. Ley 373 de 1997. Colombia. [En línea]. [26 de Mayo 2013] disponible en: (<http://www.alcaldiabogota.gov.co/sisjur/normas/Norma1.jsp?i=342>)

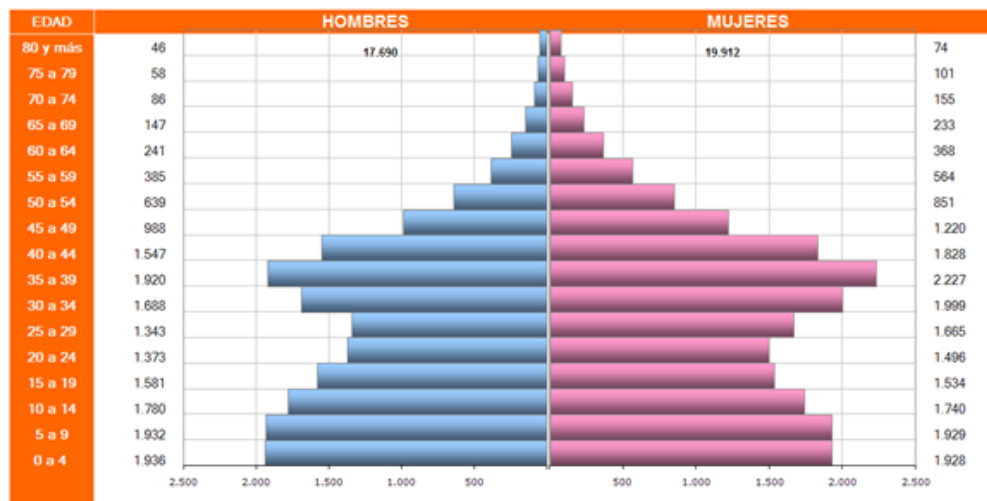
<sup>17</sup>Estatuto tributario. Artículo 424. Colombia. [En línea]. [23 de junio 2013] disponible en: (<http://estatuto.co/?o=2>)

## 4.6 Marco demográfico

### 4.6.1 Unidad de planeación zonal No. 77. Zona Franca.

“La UPZ 77, cuenta con una población de acuerdo a las proyecciones del departamento administrativo nacional de estadística (DANE) 2008, de 37.602 de los cuales de la etapa de ciclo infancia son 7725 (3868 niños y 3857 niñas) de la etapa de ciclo juventud 9504 (4734 hombres y 4770 mujeres) de la etapa de ciclo adulto 18864 (8510 hombres y 10354 mujeres) y persona mayor 1509 (578 hombres y 931 mujeres); su mayor población es de 35 a 39 años, la cual es económicamente activa”<sup>18</sup>

Grafica N° 2. Estructura poblacional UPZ 77



Fuente: DANE-SDP. Proyecciones de población por localidad 2005-2015

## 4.7 Marco geográfico

### Localidad de Fontibón

Es la localidad número nueve del Distrito Capital de Bogotá. Se encuentra ubicada al occidente de la ciudad.

Figura N° 3. Mapa de Bogotá

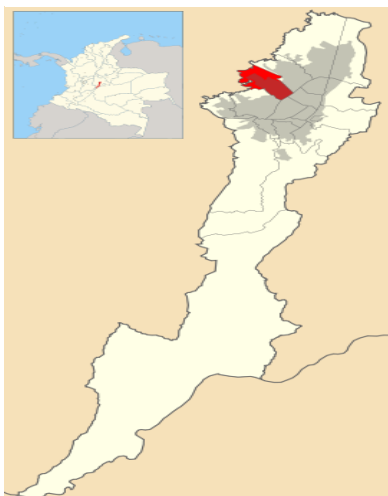
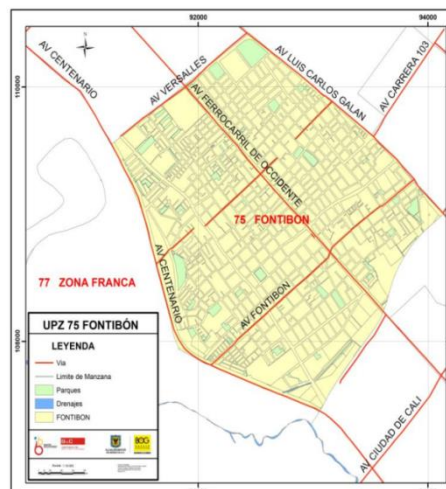


Figura N° 2. UPZ 75 Fontibón



**Fuente:** [http://commons.wikimedia.org/wiki/File:Distrito\\_Capital\\_de\\_Bogot%C3%A1\\_-\\_Fontib%C3%B3n.svg](http://commons.wikimedia.org/wiki/File:Distrito_Capital_de_Bogot%C3%A1_-_Fontib%C3%B3n.svg)

Fontibón queda en un terreno relativamente plano de la sabana de Bogotá.

### Límites

- **Norte:** Avenida El Dorado, con la localidad de Engativá.
- **Sur:** río Fucha, con la localidad de Kennedy.
- **Este:** Avenida 68, con las localidades de Teusaquillo y Puente Aranda.
- **Oeste:** río Bogotá, con el municipio de Mosquera (Cundinamarca).

**Figura N° 4. Plano general de la Zona Franca de Bogotá**



Fuente: Google earth

<sup>18</sup>Alcaldía de Bogotá. UPZ No 77 Zona Franca. Colombia. [En línea]. [28 de julio 2013] disponible en: ([http://www.gestionycalidad.org/observatorio/?bloque=contenido&id=66&id\\_item=65&id\\_menu=11&name=3.%20Aspectos%20Geogr%C3%83%C6%92%C3%86%E2%80%99%C3%83%E2%80%9A%C3%82%C2%A1ficos%20de%20la%20Localidad%209](http://www.gestionycalidad.org/observatorio/?bloque=contenido&id=66&id_item=65&id_menu=11&name=3.%20Aspectos%20Geogr%C3%83%C6%92%C3%86%E2%80%99%C3%83%E2%80%9A%C3%82%C2%A1ficos%20de%20la%20Localidad%209))

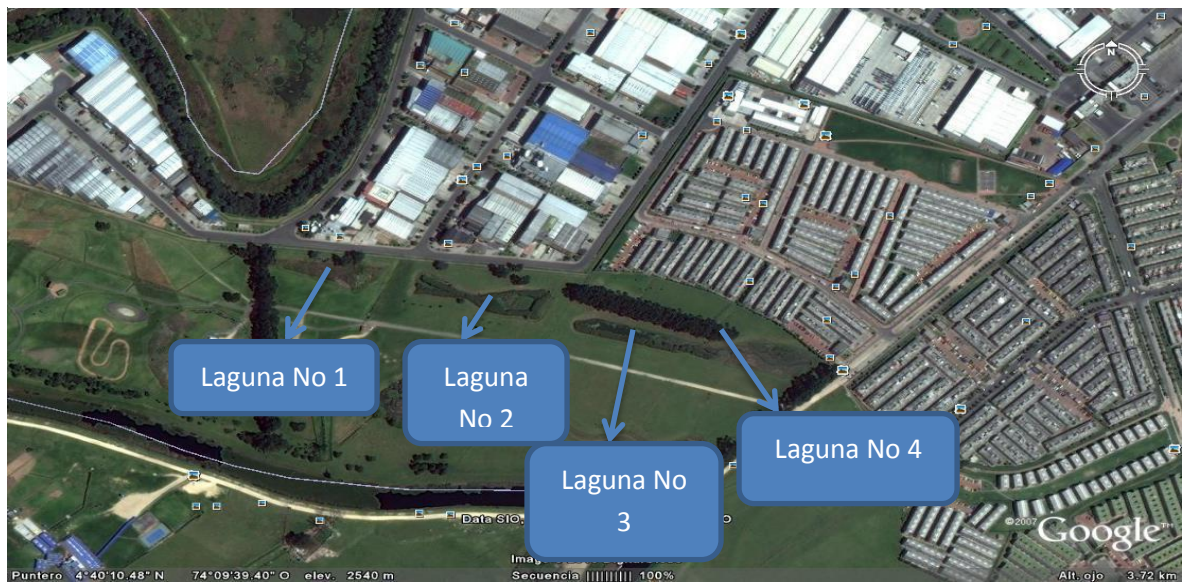


**Figura N° 5. Plano de loteo Zona Franca de Bogotá**



Fuente: Zona Franca

**Figura N° 6. Plano Zona Franca de Bogotá con lagunas**



Fuente: Google earth

## 5. DISEÑO METODOLOGICO

La investigación es de tipo cuantitativa debido a los cálculos requeridos para el desarrollo del proyecto. Por lo cual se realizó el siguiente proceso metodológico.

**Tabla 6. Proceso metodológico**

<b>Objetivos específicos</b>	<b>Proceso metodológico</b>
Realizar estudio de información geográfica en la Zona Franca, utilizando planos topográficos en la manzana 15.	Para el desarrollo de este objetivo primero se solicitó los planos estructurales de las empresas ubicadas en la manzana 15 con el fin de identificar el sistema de drenaje de cada una de las empresas para obtener la ubicación del tanque de almacenamiento. Y segundo se adquirió un plano cartográfico escala 1:100000 de la zona de estudio con el fin de identificar la ubicación de las estaciones meteorológicas para realizar el cálculo de la precipitación en la manzana 15 de la Zona Franca de Bogotá mediante el método de las isoyetas y el cálculo se comprobó por medio del software SIG.

<p>Evaluar la hidrología y el uso de las aguas lluvias de la manzana 15, diseñando unas estructuras que permitan su recolección por medio de un sistema sostenible.</p>	<p>Se adquirió y se analizó el informe de precipitación a través del Instituto de hidrología, metereologia y estudios ambientales (IDEAM) de las estaciones más próximas a la localidad de Fontibón. Para el proyecto se tuvieron en cuenta las bases del diseño (tipo de material, personas beneficiadas y demanda de agua). Así mismo se obtuvieron los criterios de diseño (cálculo del volumen del tanque de almacenamiento, determinación de la precipitación promedio mensual, determinación de la demanda de agua por empresa, área de captación del agua lluvia, determinación del volumen del tanque de almacenamiento). Después el agua de lluvia pasa al tanque intermedio que será el de filtración lenta con arena donde al agua se le reducirá el contenido de sólidos</p>
<p>Realizar un análisis económico y ambiental para verificar la viabilidad del proyecto</p>	<p>Se analizaron los costos de consumo de agua en cada empresa. Luego se comparó el volumen utilizado de agua actualmente con la implementación del sistema de captación de agua lluvia para identificar el volumen de agua ahorrado. Se estudió si el consumo de agua se disminuye en la manzana 15 después de la implementación del sistema verificando la viabilidad del proyecto, para su ejecución en toda Zona Franca.</p>

## 6. RECURSOS DISPONIBLES RECURSOS MATERIALES E INFRAESTRUCTURAS

Tabla 7. Recursos Disponibles

RECURSOS HUMANOS	\$ / HORA	HORAS	DIAS	TOTAL	FUENTE FINANCIADORA	
Director del proyecto de grado	25000	40	2	100000	Universidad Libre	
Estudiantes						
Ángel Leonardo Celis	3500	360	15	126000	Universidad Libre	
Miguel Ángel Franco	3500	360	15	126000	Universidad Libre	
Asesor						
Ingeniero Ambiental Jorge Merchán	25000	20	1	50000	Zona Franca de Bogotá	
SUBTOTAL TALENTO HUMANO				402000		
COMPRA O ALQUILER MAQUINARIA Y EQUIPOS	COSTO UNITARIO	CANTIDAD /HORAS		TOTAL	FUENTE FINANCIADORA	
Computadores	3500000	2/250		2800	Propios	
Cámara	378000	1/50		756	Propios	
Internet	600000	1/200		300	Propios	
SUBTOTAL MAQUINARIA Y EQUIPOS				3856		
FUNGIBLES	COSTO UNITARIO	CANTIDAD				
Libros	30000	2/10		600	Propios	
Tinta	40000	2/30		266	Propios	
Papelería (blog)	40000	4/28		571	Propios	
Planos igac +zona 15	300000	11/336		982	Zona Franca de Bogotá	
SUBTOTAL FUNGIBLES				2420		
OTROS GASTOS	COSTO UNITARIO	CANTIDAD /HORAS		TOTAL	FUENTE FINANCIADORA	
Visitas a Zona franca	480000	50/500		4800	Propios	
Varios	200000	1/4		5000	Propios	
SUBTOTAL OTROS GASTOS				9800		

SUBTOTAL (Talento humano, Maquinaria y equipos, Fungibles, otros gastos)				
IMPREVISTOS 2-6%		8361		
<b>COSTO TOTAL DEL PROYECTO</b>		426437		

Fuente: Elaboración propia



## 7. RESULTADOS

### 7.1 Cálculo de precipitación por medio de isoyetas y software SIG (sistemas de información geográfica)

Para el cálculo de la precipitación se usaron dos métodos: el de isoyetas y por medio del software SIG. Para el método de isoyetas se utilizó como base datos de precipitación media obtenidos por medio de las estaciones; Aeropuerto el dorado, Col H Duran y Jardín botánico. Según el autor Francisco Javier Aparicio Mijares, “para los cálculos ingenieriles es necesario conocer la lluvia media en una zona”<sup>19</sup>. Identificando la cantidad de precipitación en la manzana 15 de la Zona Franca de Bogotá, se procedió a realizar un polígono por medio del uso de las 3 estaciones en un plano cartográfico de la zona de estudio en escala 1:100.000 que encierra los tres sitios de interés. Después de trazar el polígono se mide la distancia en centímetros que hay de una estación a otra, con esta medida ya podemos empezar a calcular el trazo de las isoyetas como se demuestra a continuación en los cálculos para la precipitación promedio en un tiempo de 10 años (2003-2013) de la lluvia media para el mes de enero y el respectivo trazo de las isoyetas interpolando en la cartografía.

Distancia de estación 1-2 8.2 cm

Distancia de estación 2-3 8.3 cm

Distancia de estación 1-3 9.5 cm

Precipitación del mes de enero para cada estación:

Estación 1: 11.5 mm

Estación 2: 29.9 mm

Estación 3: 46.7 mm

Estableciendo estos valores se procede a realizar el cálculo de la distancia correspondiente para el trazo de cada isoyeta de la siguiente forma:

$$X = 29.9 - 11.5 = 18.4 \text{ mm}$$

$$\text{Distancia de precipitación de 12 mm} = (8.2\text{cm} * 0.5\text{mm}) / 18.4\text{mm} = 0.22 \text{ cm}$$



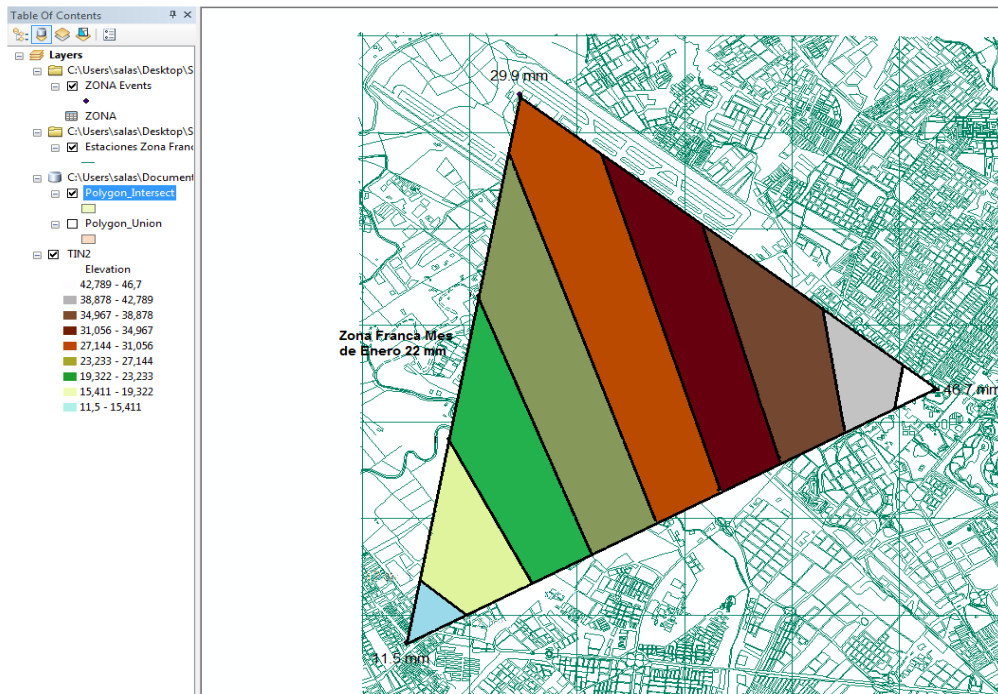
Fuente: Elaboración propia

En este caso para el mes de enero se calculó una precipitación de 22 mm la cual es mostrada en la Tabla 8 con los resultados de los demás meses. Para el cálculo de todos los meses se siguió el mismo procedimiento con el fin de identificar la precipitación media que cae en la Zona Franca de Bogotá para realizar los cálculos correspondientes al diseño del sistema de captación.

### 7.1.1 Software SIG (sistemas de información geográfica)

Con el software SIG la precipitación se calculó para el mes de enero por medio de una base de datos con las coordenadas de las estaciones; Aeropuerto el dorado, Col H Duran y Jardín botánico, de todos los meses del año con el fin de identificar la cantidad exacta de precipitación en la manzana 15 de la Zona Franca de Bogotá, se procedió a trazar un polígono por medio del uso de las 3 estaciones en un plano digital de Bogotá con una escala de 1:30.000 que encierra los tres sitios de interés. Después se creó un “TIN” (polígono) colocando las precipitaciones promedio de la lluvia media de cada estación, para que el Software trazará las isoyetas respectivas a cada punto. Como se puede observar en la figura N° 8 se obtienen los mismos resultados calculados por el método de las isoyetas.

**Figura N° 8. Calculo de precipitación media en el mes de enero (2003-2013) SIG**



Fuente: Elaboración Propia

Este mismo procedimiento se realizó para los demás meses con los dos métodos para poder determinar la precipitación mensual de todos los meses del año.

## 7.2 Precipitaciones promedio mensuales de la Zona Franca de Bogotá

“De acuerdo con la ecuación N° 1, la precipitación promedio mensual (sin tener en cuenta la evaporación), expresada en mm, equivale a la precipitación promedio mensual en litros por metro cuadrado, pues se requiere de 1mm de agua para mojar 1m<sup>2</sup> de techo”<sup>20</sup>.

Para la determinación de la precipitación promedio mensual en un periodo de 10 años se tuvieron en cuenta las estaciones de Aeropuerto el dorado, Col H durán y Jardín botánico utilizando la precipitación media de cada una de estas para determinar la cantidad de agua lluvia que cae en el punto de estudio. Los resultados del análisis se presentan en la Tabla 8.

**Tabla 8. Valores de precipitación promedio mensual en litros por metro cuadrado para los 10 años analizados**

Precipitación en Zona franca (mm)	
Enero	22
Febrero	45
Marzo	69
Abril	112
Mayo	93
Junio	58
Julio	46
Agosto	44
Septiembre	51
Octubre	105
Noviembre	107
Diciembre	66
Promedio	68

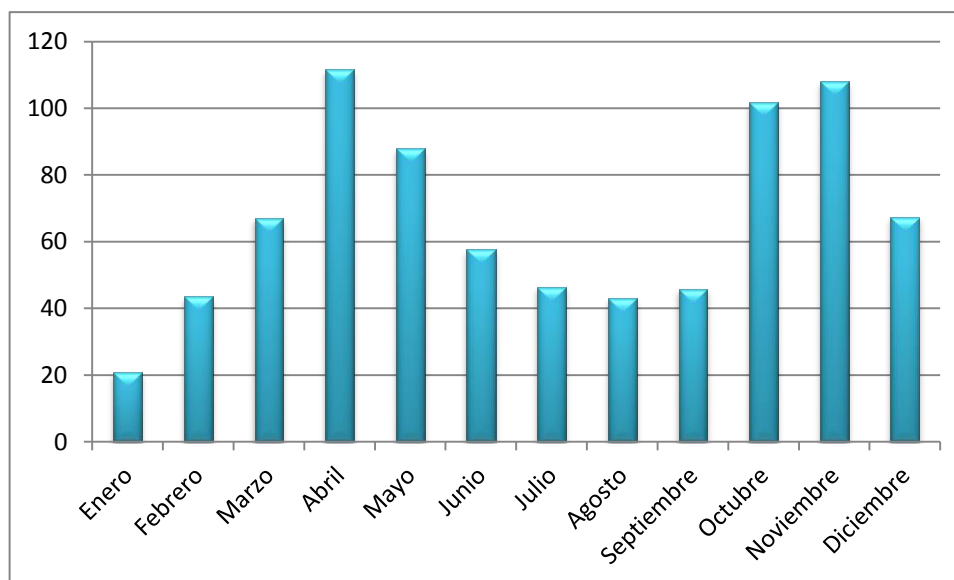
Fuente: Elaboración propia según datos pluviométricos del IDEAM estaciones Apto el dorado, Col H duran y Jardín botánico, años 2003-2013.

---

<sup>19</sup>APARICIO MIJARES. Francisco Javier. Fundamentos de hidrología de superficie: Análisis de los datos de precipitación. México: limusa, 1992. 140p.

<sup>20</sup>HERNANDEZ M., F. Captación de agua lluvia como alternativa para afrontar la escases del recurso. Manual de capacitación para la participación comunitaria.

**Grafica N° 3. Precipitación promedio mensual durante 10 años (2003-2013).**



Fuente: Elaboración propia

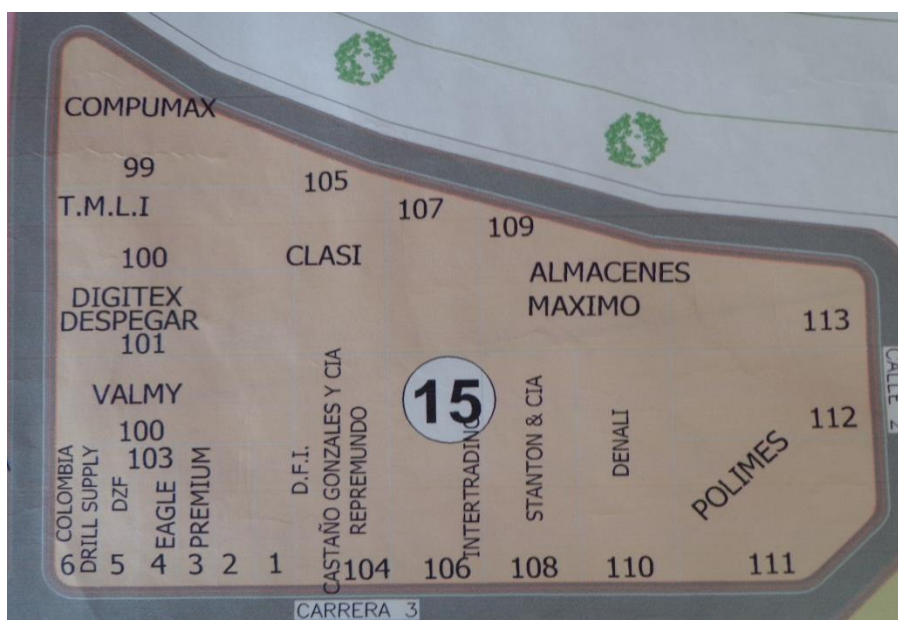
Según los datos obtenidos el mes en que más se presentan lluvias en el año es en abril, con una precipitación superior a 112 mm al mes, por otro lado el mes de menor precipitación es enero con una precipitación menor a 22 mm al mes. Para la determinación de los parámetros mencionados en el marco teórico, y lograr obtener adecuadamente el volumen de almacenamiento de agua lluvia y el potencial de ahorro para el agua lluvia en las empresas. Para el cálculo de la cantidad de agua lluvia generada por el sistema se debe ubicar la precipitación de mayor volumen en la fila superior de los cálculos durante los 10 años evaluados, considerando que el análisis del sistema cambiara de acuerdo al área de cada empresa.

**Tabla 9. Lista de empresas - Manzana 15 - Zona Franca de Bogotá**

Lote	Empresa
99	COMPUMAX
100	TMLI
101	DIGITEX DESPEGAR
102	VALMY
103	MAQTEC BODEGA 1 MAQTEC BODEGA 2 VACIABODEGA 3 EAGLE BODEGA 4 COLOMBIA DRILL SUPPLIYBODEGA 5 COLOMBIA DRILL SUPPLY BODEGA 6
104	DFI CASTAÑO GONZALES Y CIA REPREMUNDO
105	CLASICC
106	INTERTRADING
107	ALMACENES MAXIMO
108	BODEGA VACIA
109	ALMACENES MAXIMO
110	DENALI
111	POLIMES
112	POLIMES
113	VACIO (LOTE SIN CONSTRUIR)

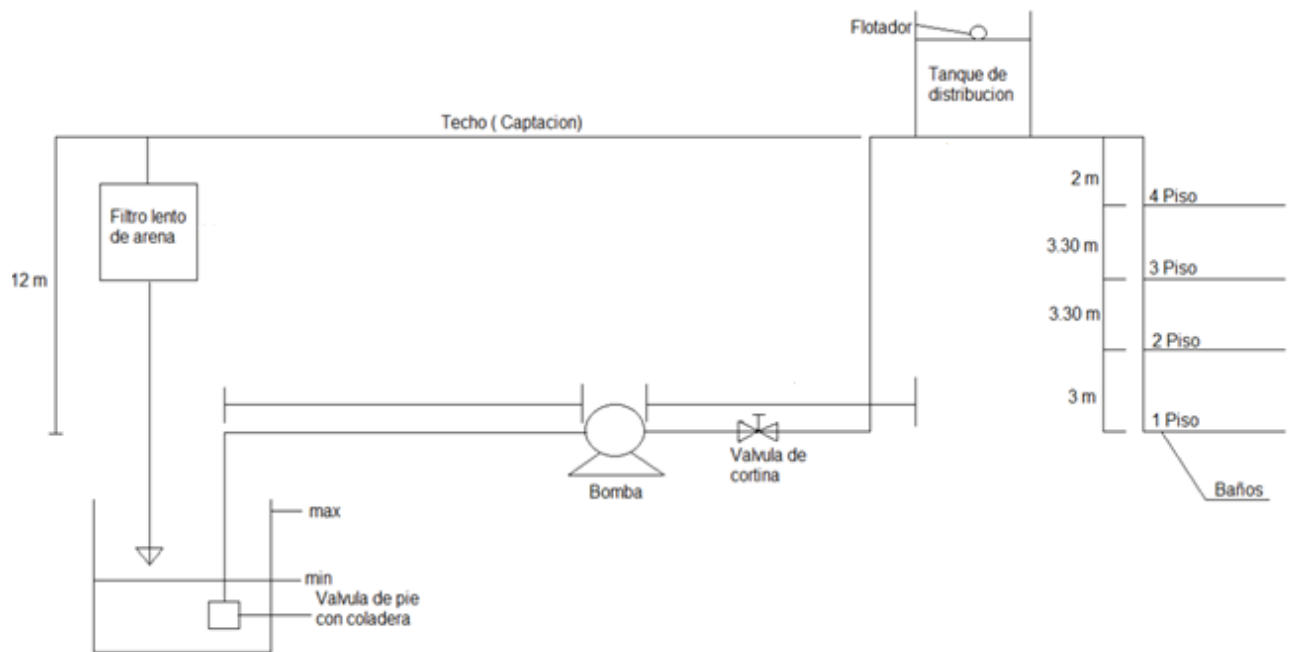
Fuente: Elaboración propia

**Figura N° 9. Plano de Loteo manzana 15 con leyenda**



Fuente: Copropietarios - Zona Franca de Bogotá

**Figura N° 10. Diseño general del sistema de captación de agua lluvia**



Fuente: Elaboración propia



### 7.2.1 Empresa COMPUMAX COMPUTER S.A.S.

Foto N° 1. Compumax



**Fuente:** Propia

“Son una marca Fabricante de Computadores e Infraestructura Orgullosamente Colombiana, surge de la necesidad del mercado local de la Informática, teniendo como principios básicos la Calidad y el Servicio al Cliente Han desarrollado un amplio portafolio de Productos y Servicios en computadores de Escritorio, Portátiles Y Tablet buscando alcanzar las expectativas comerciales, sociales y culturales de los colombianos. Contamos con socios estratégicos como Intel, Microsoft, Samsung y LG. Nuestra marca COMPUMAX ha sido ganadora de múltiples premios en categoría de computadores de escritorio y portátiles, algunos de ellos son”<sup>21</sup>:

---

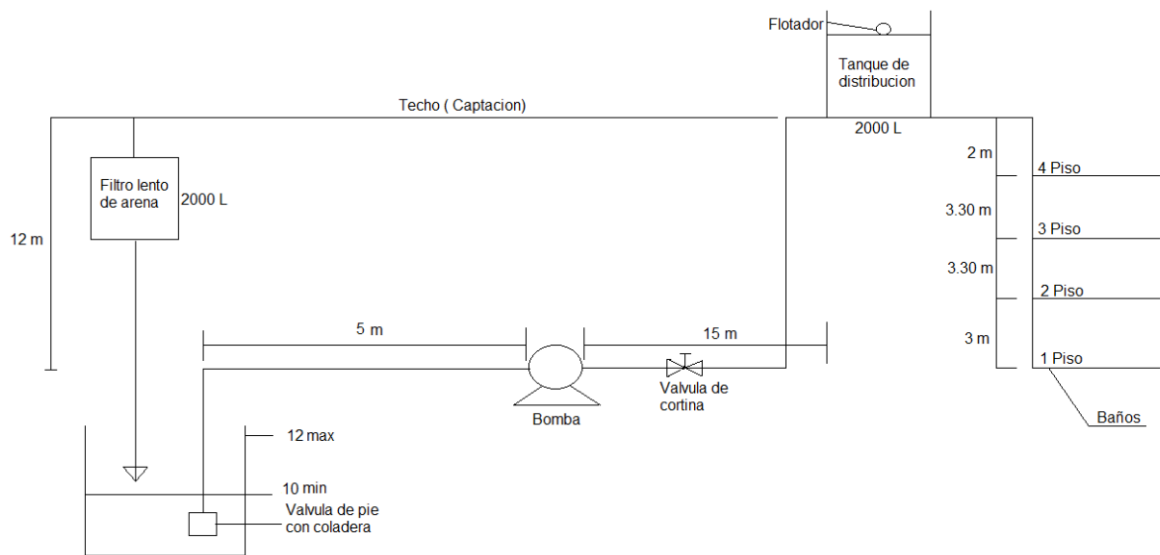
<sup>21</sup>Compumax. La Empresa. Colombia. [En línea]. [24 de junio 2013] disponible en: (<http://www.compumax.com.co/>)



**“INTEL technology provider platinum 2011 Compumax Computer LTDA  
INTEL Channel partner premier 2010 Compumax Computer LTDA  
INTEL Channel partner premier member 2009 Compumax Computer LTDA  
INTEL Channel partner premier member 2008**  
Poseen una Planta propia de Ensamblaje ubicada en Zona Franca Bogotá,  
operada y administrada con personal colombiano”<sup>21</sup>

El cálculo del sistema se realizó con un área de  $1477\text{m}^2$  de captación como base, Las áreas de los techos a captar, son mostradas en el plano anexo. La determinación de la demanda y de la oferta se realizó según el procedimiento descrito en el marco conceptual, en el que la diferencia entre la oferta y la demanda arroja los valores del volumen almacenado durante cada mes. A continuación se presentan los resultados obtenidos.

**Figura N° 11. Diseño del sistema de captación Compumax**



Fuente: Elaboración propia

Para el tanque del filtro lento de arena se tomó un volumen de 2000 L debido a la capacidad de almacenamiento que tiene la empresa mediante el uso de su área de captación, según la Tabla 11 el volumen más alto de captación se presenta en el mes de abril, por este motivo se eligió un tanque de 2000 L para un día.

Para el tanque de almacenamiento se realizó el análisis de masas para determinar el volumen en este caso fue de  $10\text{ m}^3$ .

Para el tanque de distribución se utilizó el recibo del agua de la empresa, determinando el consumo al día para el cual se obtuvo un volumen de 2000 L.

**Tabla 10. Demanda de agua mensual COMPUMAX**

Demanda de agua mensual		
N u	69	
Dotación	17	L/persona/día
Oferta de agua en el mes (Ai)		
Ce	0.8	Teja termo acústica
Ac	1477	m <sup>2</sup>

Fuente: Elaboración propia

### 7.2.2 Cálculos de precipitación promedio mensual, demanda y oferta mensual, y volumen del tanque de almacenamiento COMPUMAX.

#### Cálculos para el mes de enero

PP<sub>i</sub>= Se calcula por medio del método de las isoyetas y el software SIG

**Demanda (m<sup>3</sup> al mes)**

$$D_1 = \frac{69 \times 31 \times 17}{1000} = 36 \text{ m}^3 \text{ al mes}$$

**Oferta Ai para el mes de enero**

$$A_i = \frac{22 \times 0,8 \times 1477}{1000} = 26 \text{ m}^3 \text{ al mes}$$

**Oferta de agua con pérdidas en m<sup>3</sup> (A'i) para enero**

$$A' i = A_i - \left[ \frac{26 \times 0.2}{12} \right]$$

A' i = 26 m<sup>3</sup> al mes

**Volumen del tanque de almacenamiento m<sup>3</sup> para enero**

$$V = 26 - 36 = -10$$

**Volumen del tanque de almacenamiento Litros al día**

$$\text{Volumen (Litro al día)} = \frac{-10 \times 1000}{30} = -342 \text{ Litros al día}$$

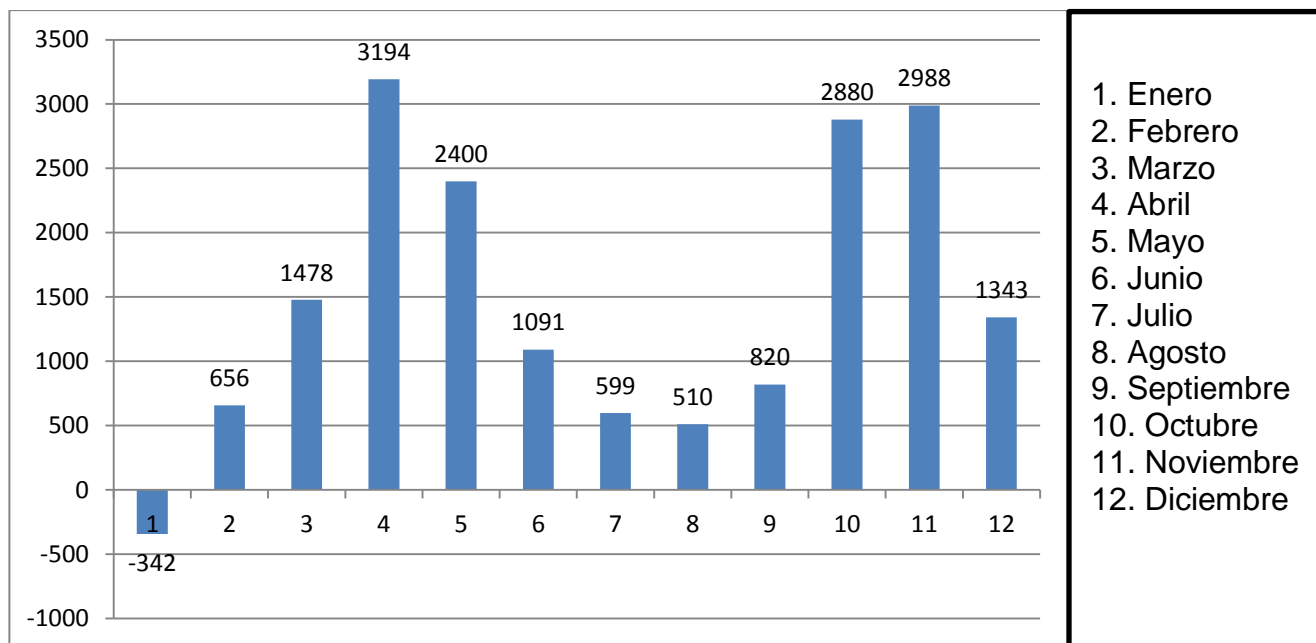
Para los demás meses del año se realizó el mismo procedimiento

**Tabla 11. Resultados de precipitación promedio mensual, demanda y oferta mensual, y volumen del tanque de almacenamiento COMPUMAX**

Mes	Ppi (L/m <sup>2</sup> )	No de Días	Demanda D1 (m <sup>3</sup> /mes)	Oferta Ai (m <sup>3</sup> /mes)	Oferta de agua con pérdidas en m <sup>3</sup> (A'i)	Volumen del tanque (m <sup>3</sup> ) al mes	Volumen del tanque (L) al Día
Enero	22	31	36	26	26	-10	-342
Febrero	45	28	32	53	52	20	656
Marzo	69	31	36	82	80	44	1478
Abril	112	30	35	133	130	96	3194
Mayo	93	31	36	110	108	72	2400
Junio	58	30	35	69	67	33	1091
Julio	46	31	36	55	54	18	599
Agosto	44	31	36	52	51	15	510
Septiembre	51	30	35	60	59	25	820
Octubre	105	31	36	124	122	86	2880
Noviembre	107	30	35	126	124	90	2988
Diciembre	66	31	36	77	76	40	1343
		Prom:	35				

Fuente: Elaboración propia

**Grafica N° 4. Volumen del tanque (L/Día)**



Fuente: Elaboración propia de acuerdo con los resultados de la tabla 11

### 7.2.3 Calculo curva de masas para enero

**Oferta Ai para enero**

$$A_i = \frac{22 \times 0,8 \times 1477}{1000} = 26 \text{ m}^3 \text{ en enero}$$

**Volumen acumulado**

$V = 26 \text{ m}^3$  para enero

$V = 25 + 52 = 79 \text{ m}^3$  para febrero

**Demanda ( $\text{m}^3$  para enero)**

$$D_1 = \frac{69 \times 31 \times 17}{1000} = 36 \text{ m}^3$$

**Volumen del tanque para enero**

$V = \text{Demanda} - \text{Volumen acumulado} = 36 - 26 = 10 \text{ m}^3$

**Acumulado promedio de la demanda= 35 m<sup>3</sup> para enero**

**Acumulado promedio de la demanda= 35 + 35 = 70m<sup>3</sup> para febrero**

**Acumulado promedio de la demanda= 35 + 35 + 35= 105m<sup>3</sup> para marzo**

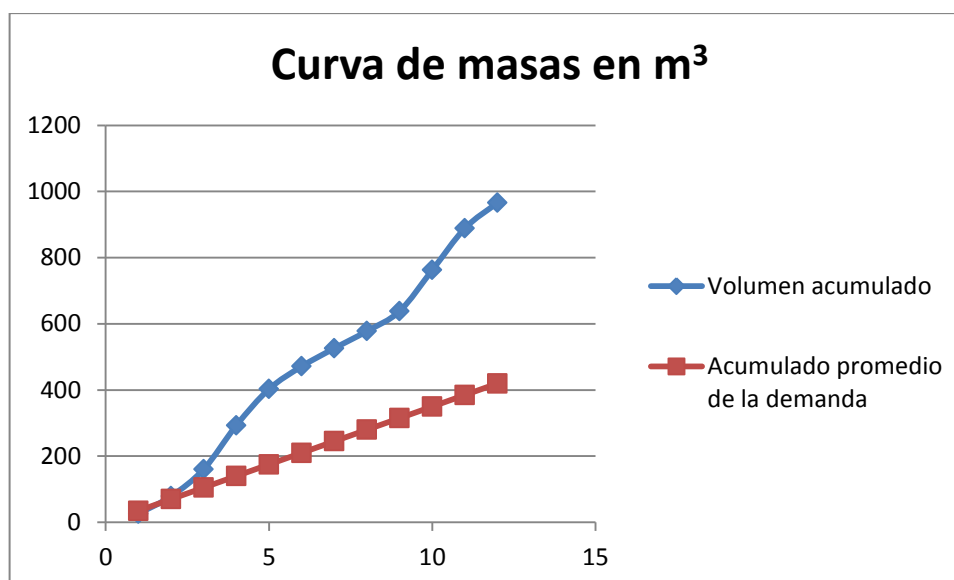
Para el cálculo de los demás meses del año se realizó el mismo procedimiento

**Tabla 12. Curva de masas**

Mes	Oferta Ai (m <sup>3</sup> /mes)	Volumen acumulado	Demanda m <sup>3</sup>	D-V	D-V + (volumen necesario)	Acumulado promedio de la demanda
Enero	26	26	36	10	10	35
Febrero	53	79	32	-21	-	70
Marzo	82	160	36	-46	-	105
Abril	133	293	35	-98	-	140
Mayo	110	403	36	-74	-	175
Junio	69	471	35	-34	-	210
Julio	55	526	36	-19	-	245
Agosto	52	578	36	-16	-	280
Septiembre	60	638	35	-26	-	315
Octubre	124	763	36	-88	-	350
Noviembre	126	889	35	-92	-	385
Diciembre	77	966	36	-42	-	420

Fuente: Elaboración propia

Grafica N° 5. Curva de masas



Fuente: Elaboración propia de acuerdo con los resultados de la Tabla 12

La Tabla 12 muestra los diferentes volúmenes para cada mes del año, indicando el volumen de agua necesario del tanque para su almacenamiento mediante la resta de la demanda menos la oferta. Este será el volumen del tanque de almacenamiento utilizado para la empresa,  $10 \text{ m}^3$  como se establece en los cálculos realizados.

La tabla 12 muestra los diferentes volúmenes para cada mes. En los meses de febrero a diciembre se presenta los volúmenes remanentes luego de la captación, en abril se presenta el volumen más alto del año y es aquel que indica el volumen del tanque de almacenamiento. En enero se presentan valores negativos debido a que la demanda es mayor a la oferta de la cantidad de agua captada, sin embargo en los meses de febrero a diciembre siempre se satisface la demanda, esto se debe a que la demanda de la empresa es mucho menor a la oferta logrando que el nivel de precipitación en todos los meses menos enero satisfaga la demanda, sin embargo en caso de que aumente la precipitación debido al fenómeno de la niña, estos volúmenes podrían recolectarse sin necesidad de cubrir la demanda faltante con agua potable debido al alto potencial de captación que posee la empresa.

De acuerdo con los resultados de la Tabla 12, de los 12 meses del año, en enero se presenta un volumen negativo el cual debe ser cubierto con agua potable de ser necesario pero en los demás meses en ningún caso da negativo ya que durante todo el año la oferta es mayor a la demanda, así los resultados del

volumen de almacenamiento en todos los meses menos (enero) dan valores positivos, por tal razón en ninguno de estos meses es necesario utilizar toda el agua lluvia almacenada desapareciendo la necesidad de cubrir la demanda faltante con agua potable; en los once (11) meses menos (enero) se observa que la oferta es mayor a la demanda lo que nos indica a primera vista que el proyecto es viable para un ahorro alto de agua potable. Según los parámetros establecidos, el volumen de almacenamiento del tanque es el mayor valor obtenido de la acumulación de agua lluvia, es decir, el mayor volumen acumulado equivale al mes de abril con un valor de 96 m<sup>3</sup>/mes. Este volumen permitirá abastecer a la empresa durante once (11) meses.

#### **7.2.4 Sistema de bombeo**

##### **7.2.4.1 Cálculos del sistema de bombeo**

Según la Tabla 3 se puede observar el siguiente nivel de complejidad del sistema

Bajo Coeficiente de consumo máximo diario 1.3

Nº de personas en Compumax= 69

$\pi$  3.1416

Compumax

Consumo (m<sup>3</sup> al mes) = 35 m<sup>3</sup>/mes

Consumo (Litros al mes) = 35 x 1000 = 34670 Litros al mes

Consumo (Litro al día) = 34670 /30 = 1156 Litro al día

Consumo (Litro por persona del día) = 1156/ 69= 17L/persona/día

#### **Dotación neta**

Consumo de agua=  $\frac{35 \times 1000}{30} = 1156$  Litro al día

$$\text{Dotación bruta} = \frac{1156}{(1-0,1)} = 1284$$

**Caudal medio diario**

$$Q_{md} = \frac{20 \times 1284}{86400} = 0,30 \text{ L/s}$$

**Caudal máximo diario**

$$Q_{MD} = 0,30 \times 1,3 = 0,39 \text{ L/s}$$

**% de utilización de la bomba al día**

$$\% = \frac{5}{24} \times 100\% = 21 \%$$

**Caudal de diseño**

$$Q_{\text{diseño}} = \frac{0,39 / 1000}{0,21} = 0,0019 \text{ m}^3/\text{s}$$

$$Q_{\text{diseño}} = 0,0019 \frac{\text{m}^3}{\text{s}} \times \frac{1000 \text{ L}}{1 \text{ m}^3} \times \frac{60 \text{ s}}{1 \text{ min}} = 111,3 \text{ L/min}$$

**Tubería de impulsión**

$$\% \text{ bomba} = 0,21$$

$$D_1 = 1,3 (0,21)^{1/4} \sqrt{0,0019 \text{ m}^3/\text{s}} = 0,04 \text{ m}$$

$$D_1 = 0,04 \text{ m} \times \frac{1 \text{ in}}{0,0254 \text{ m}} = 1,5 \text{ in}$$

$$D_1 = 1,5 \text{ in} \times \frac{0,0254 \text{ m}}{1 \text{ in}} = 0,04 \text{ m}$$



### Velocidad de impulsión

$$V_1 = \frac{Q}{A} = \frac{Q \times 4}{3,1416 \times (0,04)^2} = 1,65 \text{ m/s}$$

### Tubería de succión

A partir del diámetro de impulsión se toma uno superior para que la velocidad de succión de menor a 1,65 m/s. Como el diámetro de impulsión dio 1,5 in el de succión se toma como 2 in.

$$D_s = 2 \text{ in} \times \frac{0,0254 \text{ m}}{1 \text{ in}} = 0,05 \text{ m}$$

$$V_s = V_1 = \frac{Q}{A} = \frac{Q \times 4}{3,1416 \times (0,05)^2} = 0,92 \text{ m/s}$$

### Sumergencia

$$2,5 \times D_s + 0,1 = (2,5 \times 0,05 \text{ m}) + 0,1 = 0,19 \text{ m}$$

### Perdidas en la impulsión

#### Expansión concéntrica

$$12 \times D_i = 12 \times 0,04 = 0,05 \text{ m}$$

$$\text{Válvula de retención o check} = 25 \text{ m}$$

$$\text{Válvula de compuerta} = 1,4 \text{ m}$$

$$\text{Codo radio largo } 90^\circ \text{ (4 codos)} = 4 \times 4,3 = 17,2 \text{ m}$$

$$\text{T con cambio de dirección bilateral} = 13 \text{ m}$$

$$\text{Tubería recta} = (1 \times 3) + 2 + 12 = 17 \text{ m}$$

$$\text{Longitud equivalente total} = 0,05 + 25 + 1,4 + 17,2 + 13 + 17 = 74 \text{ m}$$

$$hf_i = \frac{(0,0019 \text{ m/s}) \Delta 1,85 \times 74}{(0,2785) \Delta 1,85 \times 150 \Delta 1,85 \times (0,04) \Delta 4,865} = 5,4 \text{ m}$$

**Altura de velocidad en la descarga**

$$(V_1) = \frac{5,4 \wedge 2}{2 \times 9,8} = 1,51E+00 \text{ m}$$

**Perdidas en la succión**

$$D_s = 0,05 \text{ m}$$

$$\text{Válvula de pie con coladera} = 65 \text{ m}$$

$$\text{Codo radio largo } 90^\circ = 7,8$$

$$\text{Reducción excéntrica } 6 \times D = 6 \times 0,05 = 0,3 \text{ m}$$

$$\text{Entrada (borda)} = 7,5 \text{ m}$$

$$\text{Longitud de tubería recta } 4+5+0,19 = 9,2 \text{ m}$$

$$\text{Longitud equivalente total} = 65+7,8+0,3+7,5+9,2 = 89,8 \text{ m}$$

$$hf_i = \frac{(0,0019 \text{ m/s}) \wedge 1,85 \times 89,8}{(0,2785) \wedge 1,85 \times 150 \wedge 1,85 \times (0,05) \wedge 4,865} = 1,6 \text{ m}$$

**Cavitación**

**Altura barométrica**

La altura sobre el nivel del mar en Bogotá es aproximadamente de 2600 m según la Tabla 4 realizando una interpolación equivale a 7,53 m de agua. Este valor debe corregirse teniendo en cuenta la elevación sobre el nivel del mar, a razón de 1,2 m por cada 1000 m de nivel.

$$\text{Altura barométrica} = 7,53 \text{ m} - \frac{1,2 \times 2600}{1000} = 4,41 \text{ m}$$

$$\text{Altura estática de succión} = 5 \text{ m}$$

$$\text{Pérdida en la succión} = 1,6 \text{ m}$$

$$\text{Altura de velocidad} = \frac{0,0019 \text{ m/s} \times 4}{3,1416 \times (0,05)^2} = 0,92 \text{ m/s}$$

$$\frac{V_s \Delta z}{2 \times 9,8} = 0,04 \text{ m}$$

Para una temperatura de 17 °C según la Tabla 5 se interpola y se determinó que la presión de vapor es de 0,213 m.

Carga neta positiva de succión  $CNPS_d = (\text{Altura barométrica} - (\text{Altura estática} + \text{Perdidas fricción} + \frac{V_s^2}{2g})_{\text{Succión}}) - \text{Presión de vapor}$

$$CNPS_d = (4,41 \text{ m}) - (5 \text{ m} + 1,6 \text{ m} + 0,04 \text{ m}) - (0,213 \text{ m}) = - 2,4 \text{ m}$$

### **Altura estática tota (succión + impulsión)**

$$\text{Altura estática de succión} = 15 - 10 = 5 \text{ m}$$

$$\text{Altura estática de impulsión} = 27 - 15 = 12 \text{ m}$$

$$\text{Altura estática total (succión + impulsión)} = 5 + 12 = 17 \text{ m}$$

$$\text{Altura dinámica total de elevación (H}_d\text{)} = 17 + 5,4 + 1,6 = 24 \text{ m}$$

### **Potencia de la bomba**

Según la gráfica N° 2 se selecciona la bomba teniendo un caudal de 111,3 L/min y una altura dinámica total de elevación de 17 m. La más apropiada es de 3 Hp (caballos de fuerza) con una eficiencia de 60 %.

$$P = \frac{9800 \times 0,0019 \times 24}{746 \times 0,6} = 1.0 \text{ Hp}$$

$$P = \frac{9,81 \times 0,0019 \times 24}{0,6} = 0,7 \text{ Kw}$$

Los resultados del sistema de bombeo para las demás empresas (Tabla 9), se encuentran en el anexo N° 1, para el cual se realizaron los mismos cálculos utilizados en la empresa Compumax.

**Tabla 13. Sistema de Bombeo**

<b>Nivel de complejidad del sistema</b>		
Bajo	Coeficiente de consumo máximo diario	1.3
	$\pi$	3.1416
	<b>Compumax</b>	
	35 m <sup>3</sup> /mes	
	34670 L/mes	
	1156 L/día	
	17 L/persona/día	
	dotación neta	1156 L/día
	dotación bruta	1284
	Caudal medio diario	0.30
	Caudal máximo diario	0.39
	Periodo de diseño	20 años
	Caudal máximo diario	0.39 L/s
	No total de horas de bombeo al día	5
	Altura sobre el nivel del mar (m.s.n.m)	2640
	Temperatura del agua °C	18
	Tubería PVC : C	150
<b>Caudal de diseño</b>		
	% de utilización de la bomba en el día	21 0.21
	Q diseño	0.0019 m <sup>3</sup> /s 7 m <sup>3</sup> /h 111.3 L/ min
<b>Tubería de impulsión</b>		
	Diámetro (Di)	0.04 m

	1.5 in	1"	0.0254	m
	0.04 m			
Velocidad (Vi)	1.65 m/s			
Sumergencia	0.19 m			
<b>Tubería de succión</b>				
Se toma un diámetro superior al de impulsión				
	2 in			
	0.05 m			
Velocidad succión	0.92 m/s			
<b>Perdidas impulsión</b>				
			0.04 m	
	Longitud			
Expansión concéntrica (12D)	equivalente			
12 x Diámetro	0.5 m			
Válvula de retención horizontal	25 m			
Válvula de compuerta o cortina	1.4 m			
Codo radio largo 90° (4 codos)	17.2 m			
T con cambio de dirección bilateral	13 m			
Tubería recta	17 m			
Longitud equivalente total	74 m			
Perdidas en la impulsión	5.4 m			
Altura de velocidad en la descarga	1.51E+00 m			
<b>Perdidas en la succión</b>				
Diámetro Succión	L.E.		0.05 m	
Válvula de pie con coladera			65 m	
Codo radio largo 90°			7.8	
Reducción excéntrica (6D)			0.3	
Entrada (borda)			7.5	
Longitud de tubería recta	4 + 5 + 0.19		9.2	
Longitud equivalente total			89.8 m	
Perdidas en la succión			1.6 m	
<b>Cavitación (CNPSd)</b>				
Altura barométrica	4.41 m			
Altura estática en la succión	5			
Perdidas en la succión	1.6 m			
Altura de velocidad	0.92 m/s			

V2 /2g	0.04 m
Presión de vapor a T° de 18 °C	0.213 m
CNPSd	-2.4
<p>Altura estática total (succión + impulsión)</p> <p>Altura estática de succión 5 m</p> <p>Altura estática de impulsión 12 m</p> <p>Altura estática total (succión + impulsión) 17 m</p> <p><b>Altura dinámica total de elevación (Hd) 24 m</b></p> <p><b>Potencia bomba 0.7 Kw</b></p> <p>1.0 Hp</p>	

Fuente: Elaboración propia

## 7.2.5 Cantidad de obra y presupuesto total para COMPUMAX.

Tabla 14. Costos del sistema de captación de agua

Sistema de captación			
Largo			
Canaletas metálica x Unidad (100 x 45 mm - 2 metros de largo)		\$ 27,000	\$ 648,000 x 2
Cantidad	24	\$ 648,000	\$ 1,296,000
Ancho			
Canaletas metálica x Unidad		\$ 27,000	\$ 405,000 x 2
Cantidad	15	\$ 405,000	\$ 810,000
Angulo Plano de BCO B-CANALETA			
100 x 45 mm Dexso	23900	\$ 23900 x 4	
Cantidad	4	\$ 95,600	
		Total	\$ 2,201,600

Fuente: Elaboración propia

**Tabla 15. Cálculo del sistema de conducción y costos**

Sistema de Conducción			
Pavco Tubería 2'' x 3 m por unidad - 21 a 200 psi		\$ 25,900	
Cantidad	40	\$ 25,900 x 40	\$ 1,036,000
Codo de 90° x 2 de presión - 2 in		\$ 6,200	
Cantidad	19	\$ 6,200 x 4	\$ 117,800
Cinta Doble faz de 19 mm - 5 metros		\$ 25,000	
Cantidad	8	\$ 25,000 x 8	\$ 200,000
		Total	\$ 1,353,800

Fuente: Elaboración propia

### 7.2.6 Calculo para el Sistema de tratamiento, cálculo del filtro lento de arena

$$\text{Caudal} = 68 \frac{\text{mm}}{\text{mes}} \times \frac{1 \text{ cm}}{10 \text{ mm}} \times \frac{1 \text{ m}}{100 \text{ cm}} \times \frac{1 \text{ mes}}{30 \text{ días}} \times \frac{1 \text{ día}}{24 \text{ horas}} \times \frac{1 \text{ hora}}{60 \text{ min}} \times \frac{1 \text{ min}}{60 \text{ s}} \times 1440$$

$$\text{m}^2 = 4\text{E-}05 \text{ m}^3/\text{s}$$

$$\text{Caudal} = 4\text{E-}05 \frac{\text{m}^3}{\text{s}} \times \frac{1000 \text{ L}}{1 \text{ m}^3} = 0,0038 \text{ L/s}$$

$$\text{Velocidad} = 4 \text{ m/día}$$

$$\text{Velocidad} = 4 \frac{\text{m}}{\text{día}} \times \frac{1 \text{ día}}{86400 \text{ s}} = 5 \text{ E-}05 \text{ m/s}$$

$$\text{Área} = \frac{Q}{V} = \frac{4 \text{ E-}05 \text{ m}^3/\text{s}}{5 \text{ E-}05 \text{ m/s}} = 0,82 \text{ m}^2$$

**Tabla 16. Sistema de tratamiento, cálculo del filtro lento de arena y costos**

Filtro lento de arena					
Caudal:	4E-05	m³/s			
	0.038	l/s			
velocidad:	4	m/día	5E-05	m/s	
Área=	0.82	m²	0,82 x 2= 1,6	1636	L
Filtro de 0,8x0,8	0.64	m²			

Tasa de filtración	5	m/día			
Medio	Arena				
Distribución de carrera	20-60	días			
Perdida de carga:	Inicial	0.6	m		
	Final	1.2	m		
Agua de lavado	No usa	40 Kg de arena de río, mixto y gravilla	\$ 13,500	Total	
Profundidad del medio (arena)	0.8 m	Cantidad	\$ 14		
Profundidad de grava	0.3 m				
	1.1 m				

Fuente: Elaboración propia

**Tabla 17. Costos de tanques de almacenamiento**

Tanques de almacenamiento					
Tanques de tratamiento :	1	de 2000 L	Costo:	Colepamques (2000L)	\$ 466,900
Tanque de almacenamiento	1	de 10000 L	Costo:	Colepamques (10000L)	\$ 4,523,884
Tanque de distribución	1	de 2000 L	Costo:	Colepamques (2000 L)	\$ 466,900
			Total:		\$ 5,457,684

Fuente: Elaboración propia

**Tabla 18. Implementos del sistema**

Implementos del sistema		
Tipo	Unidad	Precio
Grival Válvula cortina 3/4 pulgadas agua	1	\$ 18,900
Válvula de pie con coladera	1	\$ 189,193
Flotador para tanque de agua	1	\$ 60,000
Bomba Centrífuga tipo caracol serie IB-2 - 3Hp	1	\$ 689,000
<b>Total</b>		\$ 957,093

Fuente: Elaboración propia



### 7.2.7 Calculo para el ahorro de agua potable

Promedio de precipitación = 68 mm/mes

Coeficiente de escorrentía = 0,8

Área de la empresa= 1440 m<sup>2</sup>

Consumo de agua de la empresa= 35 m<sup>3</sup> al mes

Precipitación para el mes de enero = 22 mm

Precipitación para el mes de abril = 112 mm

Precio de consumo de m<sup>3</sup> = \$ 18000

$$\text{Ahorro de agua} = \left( \frac{(68 \frac{\text{mm}}{\text{mes}} \times 0,8) / 10}{100} \times 1440 \text{ m}^2 \right) \times (12) = 942 \text{ m}^3 \text{ al año}$$

$$\text{Ahorro de agua} = 942 \frac{\text{m}^3}{\text{año}} \times \frac{1000 \text{ L}}{1 \text{ m}^3} = 942221 \text{ L/año}$$

$$\text{Mínimo de agua ahorrado al mes} = \left( \frac{(22 \text{ mm} \times 0,8) / 10}{100} \right) \times 12 = 25,344$$

$$\text{Máximo de agua ahorrado al mes} = \left( \frac{(112 \text{ mm} \times 0,8) / 10}{100} \right) \times 12 = 161,712$$

$$\text{Total ahorrado} = (35 \text{ m}^3 \times \$ 18000) \times 12 = \$ 7,603,200 \text{ en un año}$$

**Tabla 19. Ahorro de agua potable**

Ahorro				
Ahorro de agua:	942	m <sup>3</sup> /año	min (enero)	max (abril)
	942221	L/año	25.344	161.712
Total ahorrado:	\$ 7,603,200	en un año		

Fuente: Elaboración propia

**Tabla 20. Mano de obra y costo total**

Mano de obra			
	Cantidad	Obreros	Total
Obreros	2	\$ 700,000 x 2	\$ 1,400,000
Ingenieros	2	\$ 1,500,000 x 2	\$ 3,000,000
		Total	\$ 4,400,000

Fuente: Elaboración propia

**Tabla 21. Costo de maquinaria**

<b>Maquinaria</b>		
Alquiler de excavadora	1 día con conductor + combustible	\$ 350,000
Alquiler de volqueta	1 día con conductor + combustible	\$ 250,000
Transporte Insumos (materiales de construcción)		\$ 300,000
Total		\$ 900,000
Total Costos		\$ 15,459,177

Fuente: Elaboración propia

**Tabla 22. Costo total Compumax**

<b>Costo total empresa - Compumax</b>	<b>\$ 15,459,177</b>
---------------------------------------	----------------------

Los resultados de la cantidad de obra y presupuesto total de las demás empresas (Tabla 9), se encuentran en el anexo N° 2, para el cual se realizaron los mismos cálculos utilizados en la empresa Compumax.

### 7.2.2 Lote 100 - Empresa TMLI

Foto N° 2. TMLI



**Fuente:** Propia

“Es un Usuario Industrial de Servicios ubicado en Zona Franca de Bogotá, orientado a prestar servicios logísticos a diferentes industrias. Su portafolio incluye: control de inventarios, inspecciones, acondicionamiento, etiquetado, transformación y ensamble, empaque y embalaje, distribución.

Transmares Logística Integral S.A., mediante la implementación del Sistema de Gestión en Control y Seguridad, se compromete a prestar un servicio libre de intervenciones ilícitas de cualquier índole, garantizando con ello la integridad del personal, procesos, información, instalaciones y equipos, de manera que se minimicen todos los riesgos. Para lograr que su política se cumpla se apoyan en el logro de sus objetivos de seguridad”<sup>22</sup>:

---

<sup>22</sup>TMLI. Nuestra Empresa. Colombia. [En línea]. [24 de junio 2013] disponible en: (<http://www.tmli.com.co/Html.aspx?Pagina=50002>)

El cálculo del sistema se realizó con un área de 1409m<sup>2</sup> de captación como base, Las áreas de los techos a captar, son mostradas en el plano anexo. La determinación de la demanda acumulada y de la oferta acumulada se realizó según el procedimiento descrito en el marco teórico, en el que la diferencia entre oferta y la demanda arroja los valores del volumen almacenado durante cada mes. A continuación se presentan los resultados obtenidos.

**Tabla 23. Demanda mensual de agua TMLI**

Demanda de agua mensual		
N u	60	
Dotación real	17	L/persona/día
Oferta de agua en el mes (Ai)		
Ce	0.8	Teja termo acústica
Ac	1409	m <sup>2</sup>

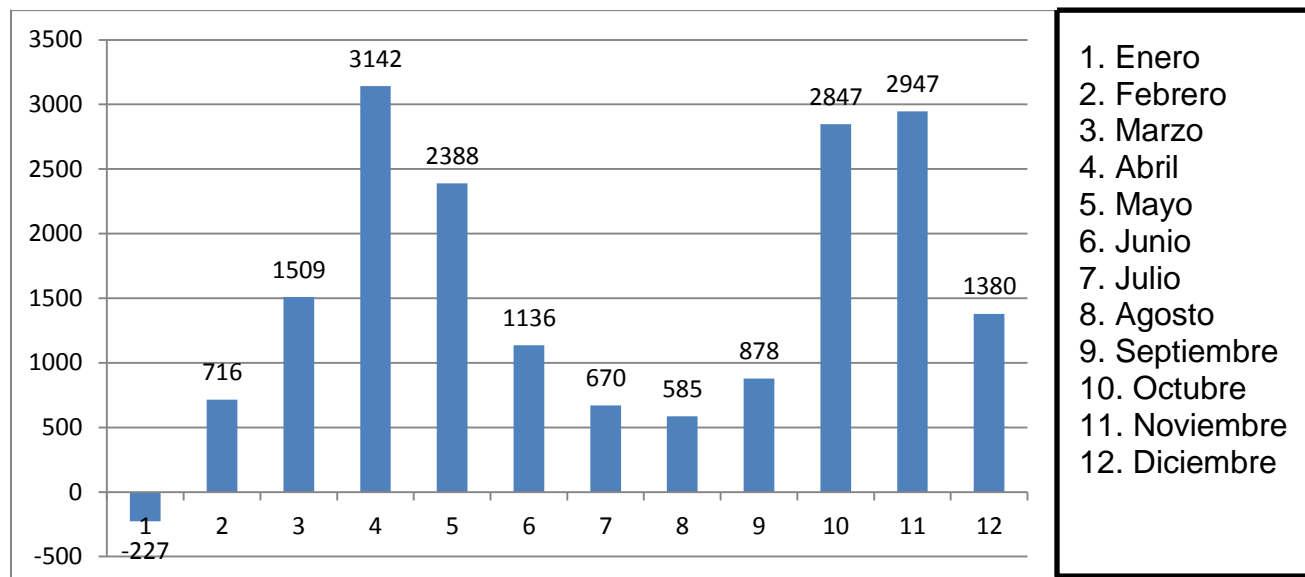
Fuente: Elaboración propia

**Tabla 24. Resultados de precipitación promedio mensual, demanda y oferta mensual, y volumen del tanque de almacenamiento TMLI**

Mes	Ppi (L/m <sup>2</sup> )	No de Días	Demanda D1 (m <sup>3</sup> /mes)	Oferta Ai (m <sup>3</sup> /mes)	Oferta de agua con pérdidas en m <sup>3</sup> (A'i)	Volumen del tanque (m <sup>3</sup> ) al mes	Volumen del tanque (L) al Día
Enero	22	31	31	25	24	-7	-227
Febrero	45	28	28	51	50	22	716
Marzo	69	31	31	78	77	45	1509
Abril	112	30	30	127	125	94	3142
Mayo	93	31	31	105	103	72	2388
Junio	58	30	30	65	64	34	1136
Julio	46	31	31	52	51	20	670
Agosto	44	31	31	50	49	18	585
Septiembre	51	30	30	58	57	26	878
Octubre	105	31	31	119	117	85	2847
Noviembre	107	30	30	121	119	88	2947
Diciembre	66	31	31	74	73	41	1380
		Prom:	31				

Fuente: Elaboración propia

**Grafica N° 6. Volumen del tanque (L/Día)**



Fuente: Elaboración propia de acuerdo con los resultados de la Tabla 24.

### 7.2.3 Lote 101 – Empresa Digitex Despegar

**Foto N° 3. Digitex Despegar**



Fuente: Propia

“Es una agencia de viajes online que opera en Latinoamérica, con sede en 21 países, ofrece reserva y compra servicios turísticos en su portal de internet, a través de buscadores bajo fechas, destinos y detalles definidos por cada usuario. Esta agencia se encuentra ubicada en la manzana 15 de la Zona Franca de Bogotá”<sup>23</sup>

**Tabla 25. Demanda de agua mensual Digitex Despegar**

Demanda de agua mensual		
N u	60	
Dotación	18	L/persona/día
Oferta de agua en el mes (Ai)		
Ce	0.8	Teja termo acústica
Ac	1540	m <sup>2</sup>

Fuente: Elaboración propia

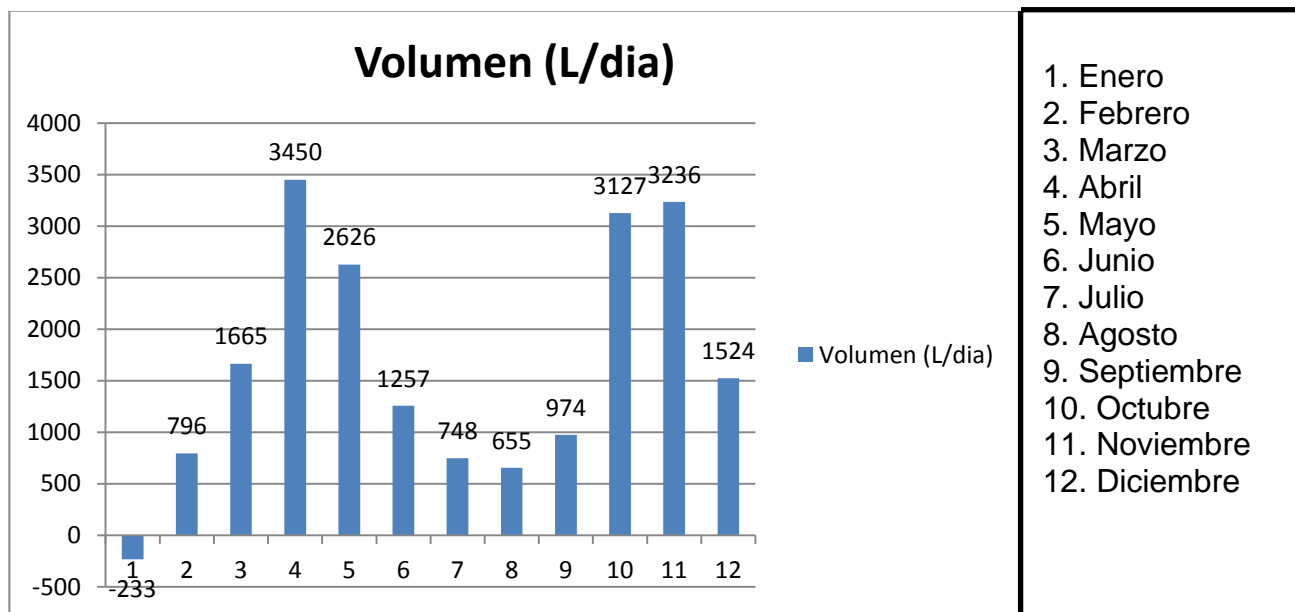
**Tabla 26. Resultados de precipitación promedio mensual, demanda y oferta mensual, y volumen del tanque de almacenamiento Digitex Despegar**

Mes	Ppi (L/m <sup>2</sup> )	No de Días	Demanda D1 (m <sup>3</sup> /mes)	Oferta Ai (m <sup>3</sup> /mes)	Oferta de agua con pérdidas en m <sup>3</sup> (A'i)	Volumen del tanque (m <sup>3</sup> ) al mes	Volumen del tanque (L) al Día
Enero	22	31	34	27	27	-7	-233
Febrero	45	28	30	55	55	24	796
Marzo	69	31	34	85	84	50	1665
Abril	112	30	33	138	136	104	3450
Mayo	93	31	34	114	112	79	2626
Junio	58	30	33	72	70	38	1257
Julio	46	31	34	57	56	22	748
Agosto	44	31	34	54	53	20	655
Septiembre	51	30	33	63	62	29	974
Octubre	105	31	34	130	127	94	3127
Noviembre	107	30	33	132	130	97	3236
Diciembre	66	31	34	81	79	46	1524
Prom:			33				

Fuente: Elaboración propia

<sup>23</sup>Despegar. Historia. Colombia. [En línea]. [24 de julio 2013] disponible en: (<http://es.wikipedia.org/wiki/Despegar.com>)

**Grafica N° 7. Volumen del tanque (L/Día)**



Fuente: Elaboración propia de acuerdo a los resultados obtenidos en la tabla 25.

#### 7.2.4 Empresa VALMY

Foto N° 4. Valmy



**Fuente:** Propia

“Cosméticos Valmy es una empresa venezolana, con más de 40 años en el mercado y es pionera en la fabricación y comercialización de productos de belleza y cuidado personal.

Valmy es ícono de la belleza femenina y se encuentra fuertemente posicionada en la mente de las consumidoras venezolanas, con una amplia gama de productos cosméticos y es reconocida por sus estándares de excelencia, convirtiéndose en la marca aliada de las mujeres. La imagen actual de la marca es la actriz y modelo Gaby Espino, quien se caracteriza por ser una mujer emprendedora y triunfadora, que se ha ganado la empatía y cariño de las mujeres hispanoamericanas lo cual hace de esta personalidad la imagen perfecta para la marca. Conoce todos los productos que ofrecemos para ti y descubre un mundo de opciones para renovar tu look. Valmy es una marca de cosméticos y productos de belleza perteneciente a DROCOSCA, empresa con más de 50 años de trayectoria en Venezuela, ícono de la belleza por sus cuatro segmentos de productos: esmaltes, maquillaje, corporales y capilares.”<sup>24</sup>

---

<sup>24</sup>Valmy. Descripción. Colombia. [En línea]. [28 de julio 2013] disponible en: (<http://www.valmy.com/nosotros>)



**Tabla 27. Resultados de demanda de agua mensual VALMY**

Demanda de agua mensual		
N u	70	
Dotación	17	L/persona/día
Oferta de agua en el mes (Ai)		
Ce	0.8	Teja Termo acústica
Ac	1404	m <sup>2</sup>

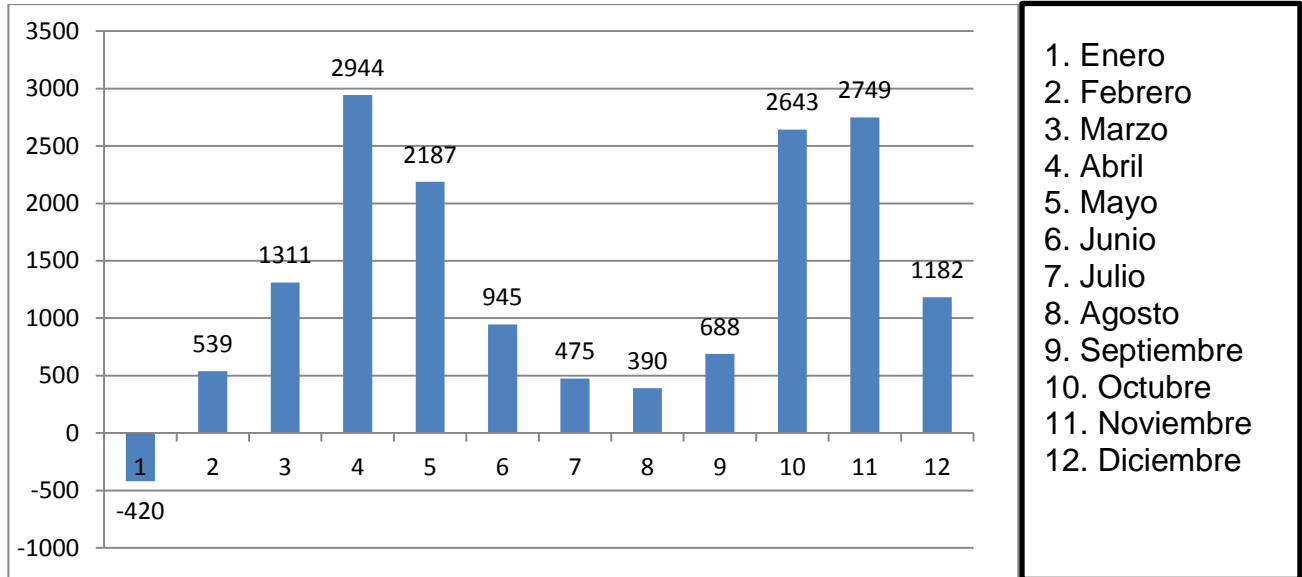
Fuente: Elaboración propia

**Tabla 28. Resultados de demanda de agua mensual VALMY**

Mes	Ppi (L/m <sup>2</sup> )	No de Días	Demanda D1 (m <sup>3</sup> /mes)	Oferta Ai (m <sup>3</sup> /mes)	Oferta de agua con pérdidas en m <sup>3</sup> (A'i)	Volumen del tanque (m <sup>3</sup> ) al mes	Volumen del tanque (L) al Día
Enero	22	31	37	25	24	-13	-420
Febrero	45	28	33	50	50	16	539
Marzo	69	31	37	78	76	39	1311
Abril	112	30	36	126	124	88	2944
Mayo	93	31	37	104	103	66	2187
Junio	58	30	36	65	64	28	945
Julio	46	31	37	52	51	14	475
Agosto	44	31	37	49	49	12	390
Septiembre	51	30	36	57	56	21	688
Octubre	105	31	37	118	116	79	2643
Noviembre	107	30	36	120	118	83	2749
Diciembre	66	31	37	74	72	36	1182
		Prom:	36				

Fuente: Elaboración propia

**Grafica N° 8. Volumen del tanque (L/Día)**



Fuente: Elaboración propia de acuerdo con los resultados de la Tabla 28.

El lote 103 se encuentra dividido en 6 bodegas pero se han unificado de la siguiente manera


- Bodega No 1 y 2 – Empresa MAQTEC
- Bodega No 3 – Se encuentra vacía
- Bodega No 4 – Empresa Eagle
- Bodega No 5 y 6 – Empresa Colombia Drill Supply

Debido a que el lote 103 está dividido en 6 bodegas por lo tanto el área se divide en 6 partes por lo cual al obtener los resultados el diseño para cada empresa no es viable debido a que el VPN es menor a 1. Por lo tanto en este lote se debe hacer un diseño que de abastecimiento a las 6 bodegas. A continuación se presentan los cálculos para todo el lote No 103:

## 7.2.5 Lote 103 Bodega 1 a 6

Tabla 29. Lote 103 (Bodega 1 a 6)

<p><b>Foto N° 5. Bodega No 1 y 2</b></p> 	<p>“Somos una empresa vanguardista especializada en asesorar a las empresas del plástico. En la actualidad cuenta con sede en Colombia, Venezuela, y brinda acompañamiento directo a los clientes en Ecuador, Peru, Centro América, Venezuela y Colombia. El principal objetivo es asegurarle a los clientes tecnología de punta, a través de representadas a nivel mundial con excelente maquinaria, brindando los siguientes servicios”<sup>25</sup></p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Asesoría Industrial</li> <li>2. Cursos de capacitación</li> <li>3. Servicio técnico especializado</li> <li>4. Venta de repuestos</li> <li>5. Logística<sup>25</sup></li> </ol>
<p><b>Foto N° 6. Bodega No 3 Vacía</b></p> 	<p>Debido a que esta bodega del lote 103 se encuentra desocupada se realiza una proyección de acuerdo al área obtenida, teniendo en cuenta que los baños se encuentran en el primer piso, según los planos proporcionados por los copropietarios de las Zona Franca de Bogotá.</p>
<p><b>Foto N° 7. Bodega No 4 Eagle</b></p> 	<p>“Es una empresa mexicana dedicada a la venta de equipo de cómputo al mayoreo. Contamos con más de 20 años de experiencia. Trabajamos para proporcionar a nuestros clientes la más alta calidad en el servicio de venta y post venta. Estamos siempre atentos a una entrega rápida y efectiva. Tenemos el compromiso de tener los productos que el cliente necesita en tiempo y forma. Procuramos estar atentos al mercado para tener los productos que se están demandando a precios competitivos”<sup>26</sup></p>

<p><b>Foto N° 8. Bodega No 5 y 6 Colombia Drill Supply</b></p> 	<p>“La empresa COLOMBIA DRILL SUPPLY S A S se encuentra ubicada en la localidad de BOGOTÁ, en el departamento de BOGOTÁ. El domicilio social de esta empresa es CA 106 15 A 25 BG 6. La forma jurídica de COLOMBIA DRILL SUPPLY S A S es SOCIEDAD POR ACCIONES SIMPLIFICADA y su principal actividad es "Fabricación de maquinaria para la explotación de minas y canteras y para la construcción”<sup>27</sup></p>
--	---

Fuente: Elaboración propia

**Tabla 30. Resultados de demanda de agua mensual**

Demanda de agua mensual		
N u	215	
Dotación	17	L/persona/día
Oferta de agua en el mes (Ai)		
Ce	0.8	Teja termo acústica
Ac	3735	m <sup>2</sup>

Fuente: Elaboración propia

<sup>25</sup>MAQTEC. Sobre nosotros. Colombia. [En línea]. [15 de agosto 2013] disponible en: (<http://www.maqtec.com.co/>)

<sup>26</sup>EAGLE. Quienes Somos. Colombia. [En línea]. [17 de agosto 2013] disponible en: (<http://www.eaglemx.com/index.php/quienes-somos/>)

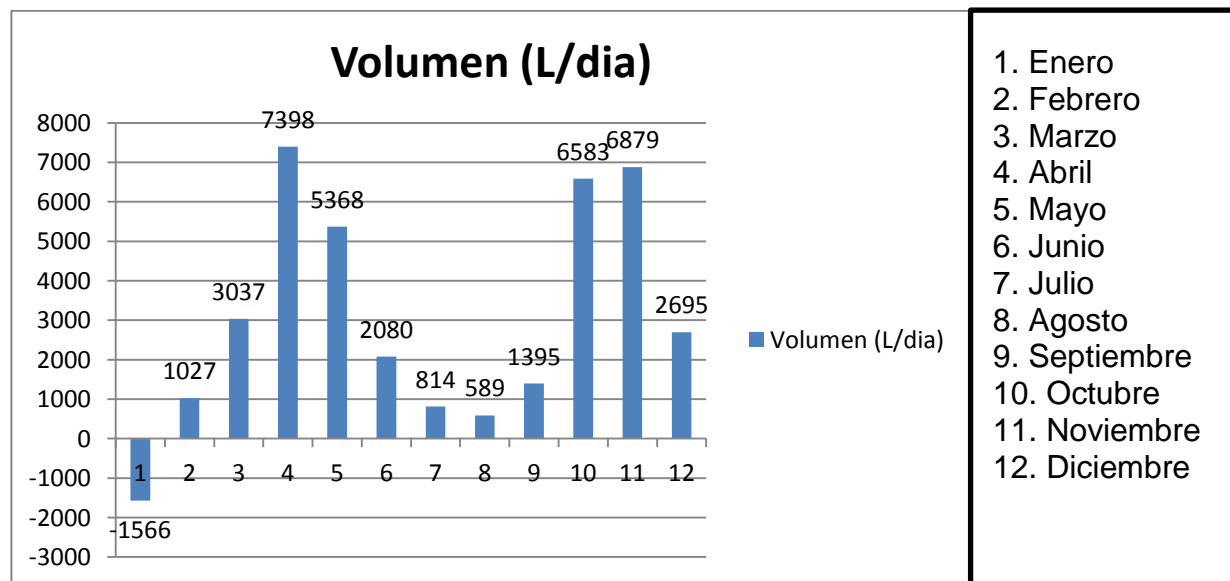
<sup>27</sup>DRILL SUPPLY. Resumen. Colombia. [En línea]. [19 de agosto 2013] disponible en: ([http://www.informacion-empresas.co/Empresa\\_COLOMBIA-DRILL-SUPPLY-SAS.html](http://www.informacion-empresas.co/Empresa_COLOMBIA-DRILL-SUPPLY-SAS.html))

**Tabla 31. Resultados de precipitación promedio mensual, demanda y oferta mensual, y volumen del tanque de almacenamiento**

Mes	Ppi (L/m <sup>2</sup> )	No de Días	Demanda D1 (m <sup>3</sup> /mes)	Oferta Ai (m <sup>3</sup> /mes)	Oferta de agua con pérdidas en m <sup>3</sup> (A'i)	Volumen del tanque (m <sup>3</sup> ) al mes	Volumen del tanque (L) al Día
Enero	22	31	112	66	65	-47	-1566
Febrero	45	28	101	134	132	31	1027
Marzo	69	31	112	206	203	91	3037
Abril	112	30	108	336	330	222	7398
Mayo	93	31	112	277	273	161	5368
Junio	58	30	108	173	170	62	2080
Julio	46	31	112	138	136	24	814
Agosto	44	31	112	132	129	18	589
Septiembre	51	30	108	152	150	42	1395
Octubre	105	31	112	314	309	198	6583
Noviembre	107	30	108	320	314	206	6879
Diciembre	66	31	112	196	193	81	2695
Prom:			110				

Fuente: Elaboración propia

**Grafica N° 9. Volumen del tanque de almacenamiento (L/Día)**



Fuente: Elaboración propia de acuerdo con los resultados de la Tabla No 31

### 7.2.6 Lote 104 Empresa DFI Castañeda Gonzales, CIA Repremundo

Foto N° 9. DFI Castañeda Gonzales, CIA Repremundo



Fuente: Propia

Esta bodega actualmente se encuentra vacía y pertenece al Sr Castañeda Gonzales.

Tabla 32. Resultados de demanda de agua mensual - DFI Castañeda Gonzales, CIA Repremundo

Demanda de agua mensual		
N u	42	
Dotación	17	L/persona/día
Oferta de agua en el mes (Ai)		
Ce	0.8	Teja termo acústica
Ac	1404	m <sup>2</sup>

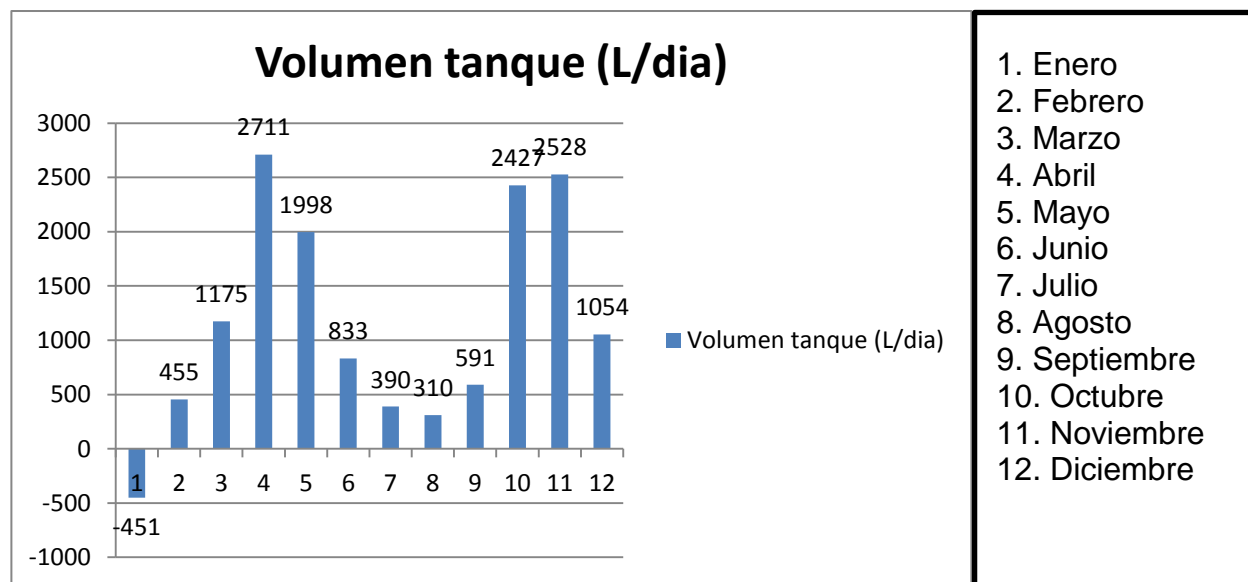
Fuente: Elaboración propia

**Tabla 33. Resultados de precipitación promedio mensual, demanda y oferta mensual, y volumen del tanque de almacenamiento - DFI Castañeda Gonzales, CIA Repremundo**

Mes	Ppi (L/m <sup>2</sup> )	No de Días	Demanda D1 (m <sup>3</sup> /mes)	Oferta Ai (m <sup>3</sup> /mes)	Oferta de agua con pérdidas en m <sup>3</sup> (A'i)	Volumen del tanque (m <sup>3</sup> ) al mes	Volumen del tanque (L) al Día
Enero	22	31	22	25	24	3	83
Febrero	45	28	20	50	50	30	993
Marzo	69	31	22	78	76	54	1814
Abril	112	30	21	126	124	103	3431
Mayo	93	31	22	104	103	81	2690
Junio	58	30	21	65	64	43	1432
Julio	46	31	22	52	51	29	978
Agosto	44	31	22	49	49	27	893
Septiembre	51	30	21	57	56	35	1174
Octubre	105	31	22	118	116	94	3146
Noviembre	107	30	21	120	118	97	3236
Diciembre	66	31	22	74	72	51	1685
Prom:			21				

Fuente: Elaboración propia

**Grafica N° 10. Empresa DFI Castañeda Gonzales, CIA Repremundo**



Fuente: Elaboración propia de acuerdo con los resultados de la Tabla No 33.

### 7.2.7 Lote 105 Empresa Clasi

Foto N° 10. Clasi



Fuente: Propia

Clasi s.a.s Compañía Latinoamericana de seguridad Industrial

Tabla 34. Resultados de demanda de agua mensual – Clasi s.a.s

Demanda de agua mensual		
N u	70	
Dotación	17	L/persona/día
Oferta de agua en el mes (Ai)		
Ce	0.8	Teja termo acústica
Ac	1319	m <sup>2</sup>

Fuente: Elaboración propia

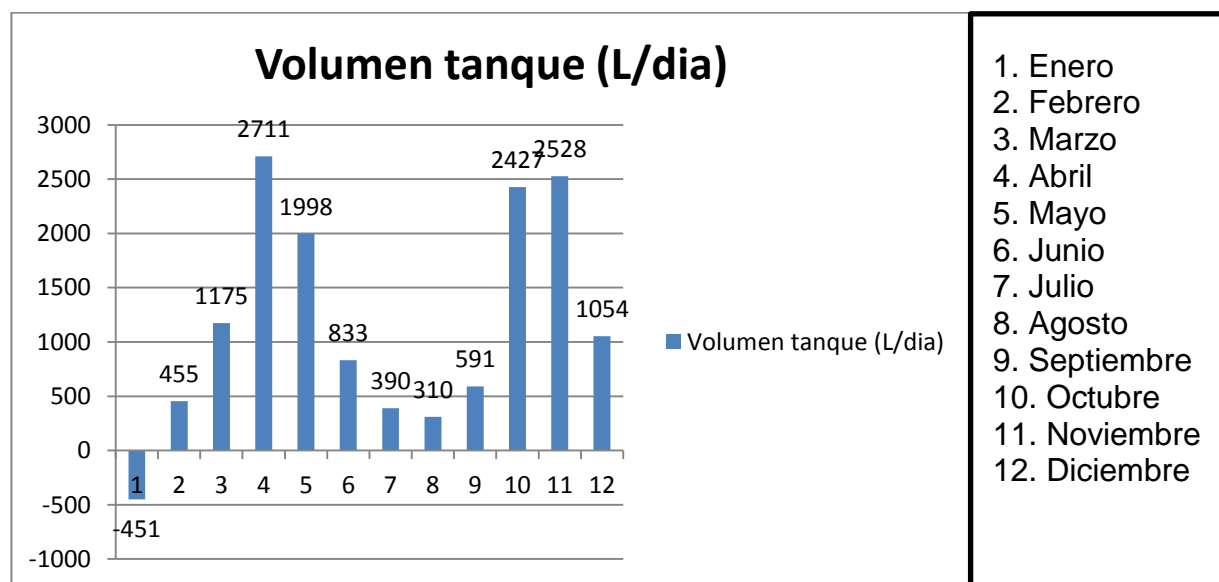


**Tabla 35. Resultados de precipitación promedio mensual, demanda y oferta mensual, y volumen del tanque de almacenamiento – Clasi s.a.s**

Mes	Ppi (L/m <sup>2</sup> )	No de Días	Demanda D1 (m <sup>3</sup> /mes)	Oferta Ai (m <sup>3</sup> /mes)	Oferta de agua con pérdidas en m <sup>3</sup> (A'i)	Volumen del tanque (m <sup>3</sup> ) al mes	Volumen del tanque (L) al Día
Enero	22	31	36	23	23	-14	-451
Febrero	45	28	33	47	47	14	455
Marzo	69	31	36	73	72	35	1175
Abril	112	30	35	119	117	81	2711
Mayo	93	31	36	98	96	60	1998
Junio	58	30	35	61	60	25	833
Julio	46	31	36	49	48	12	390
Agosto	44	31	36	46	46	9.3	310
Septiembre	51	30	35	54	53	17.7	591
Octubre	105	31	36	111	109	72.8	2427
Noviembre	107	30	35	113	111	75.8	2528
Diciembre	66	31	36	69	68	31.6	1054
Prom:			36				

Fuente: Elaboración propia

**Grafica N° 11. Empresa Clasi s.a.s**



Fuente: Elaboración propia de acuerdo con los resultados de la Tabla No 35.

### 7.2.8 Lote 106 Empresa Intertrading

Foto N° 11. Empresa Intertrading



**Fuente:** Propia

**“INTERTRADING ZF.** Tiene como misión satisfacer las necesidades logísticas integrales como: almacenamiento, usuario industrial de servicios, agencia miento aduanero, transporte nacional e internacional, asesorías en comercio internacional a sus clientes en Colombia y alrededor del mundo, brindando un servicio personalizado profesional y oportuno aprovechando las ventajas del régimen franco para obtener beneficios cualitativos y cuantitativos que permitan un crecimiento continuo para nuestros clientes, empleados, colaboradores y socios.

Nuestra razón de ser es la de dar respuestas a las necesidades de infraestructuras al servicio del comercio internacional. Nuestra concepción de negocio se proyecta a largo plazo, con espíritu de permanencia y con un profundo sentido de la Responsabilidad Social Corporativa, ello nos impulsa a crecer y generar valor, No sólo para nuestros clientes, proveedores sino también para nuestros empleados y la comunidad en general, consolidando con nuestras decisiones y actuaciones la confianza que depositan en nosotros”<sup>28</sup>

---

<sup>28</sup>INTERTRADING. Empresa. Colombia. [En línea]. [23 de agosto 2013] disponible en: ([http://www.intertradingzf.com/responsabilidad\\_social.html](http://www.intertradingzf.com/responsabilidad_social.html))

**Tabla 36. Resultados de demanda de agua mensual – INTERTRADING**

Demanda de agua mensual		
N u	60	
Dotación	18	L/persona/día
Oferta de agua en el mes (Ai)		
Ce	0.8	Teja termo acústica
Ac	1441	m <sup>2</sup>

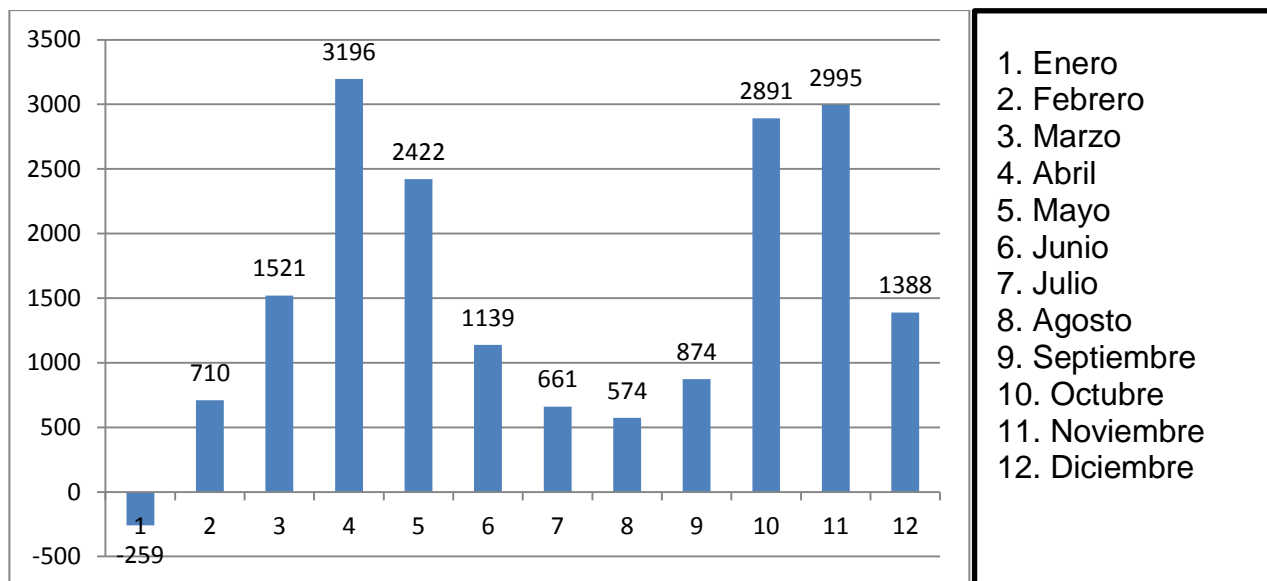
Fuente: Elaboración propia

**Tabla 37. Resultados de precipitación promedio mensual, demanda y oferta mensual, y volumen del tanque de almacenamiento – INTERTRADING**

Mes	Ppi (L/m <sup>2</sup> )	No de Días	Demanda D1 (m <sup>3</sup> /mes)	Oferta Ai (m <sup>3</sup> /mes)	Oferta de agua con pérdidas en m <sup>3</sup> (A'i)	Volumen del tanque (m <sup>3</sup> ) al mes	Volumen del tanque (L) al Día
Enero	22	31	33	25	25	-8	-259
Febrero	45	28	30	52	51	21	710
Marzo	69	31	33	80	78	46	1521
Abril	112	30	33	130	128	96	3196
Mayo	93	31	33	107	105	73	2422
Junio	58	30	32	67	66	34	1139
Julio	46	31	33	54	53	20	661
Agosto	44	31	33	51	50	17	574
Septiembre	51	30	32	59	58	26	874
Octubre	105	31	33	122	120	87	2891
Noviembre	107	30	32	124	122	90	2995
Diciembre	66	31	33	76	74	42	1388
Prom:			32				

Fuente: Elaboración propia

**Grafica N° 12. Empresa INTERTRADING, Volumen del tanque de almacenamiento (L/Día)**



Fuente: Elaboración propia de acuerdo con los resultados de la Tabla No 37

## 7.2.9 Lote 107 Almacenes Máximo.

Foto N° 12. Almacenes Máximo



Fuente: Propia

“En Almacenes Máximo S.A. están comprometidos con el cliente durante el crecimiento de sus niños, desde antes de su nacimiento hasta los primeros años de vida, viviendo y compartiendo cada una de esas mágicas experiencias por medio de un amplio surtido de los mejores productos importados, exclusivos y novedosos en juguetería, consolas y video juegos, artículos escolares, una amplia y exclusiva oferta de productos para su hogar, belleza, deportes, electrodomésticos, delikatessen y todo lo que necesitan para su bebé, a través de la importante cadena de almacenes a nivel nacional Pepe Ganga y Baby Ganga, especializada líder en la venta de artículos y ropa para bebés.

Así mismo cuentan con la franquicia de la prestigiosa marca de ropa para bebés Carter's posicionada como una de las favoritas por los padres, debido a su gran diseño y excelente calidad”<sup>29</sup>

---

<sup>29</sup>ALMACENES MAXIMO. Nosotros. Colombia. [En línea]. [28 de agosto 2013] disponible en: (<http://www.pepeganga.com/historia>).

**Tabla 38. Resultados de demanda de agua mensual – MAXIMO**

Demanda de agua mensual		
N u	40	
Dotación	20	L/persona/día
Oferta de agua en el mes (Ai)		
Ce	0.8	Teja termo acústica
Ac	1034	m <sup>2</sup>

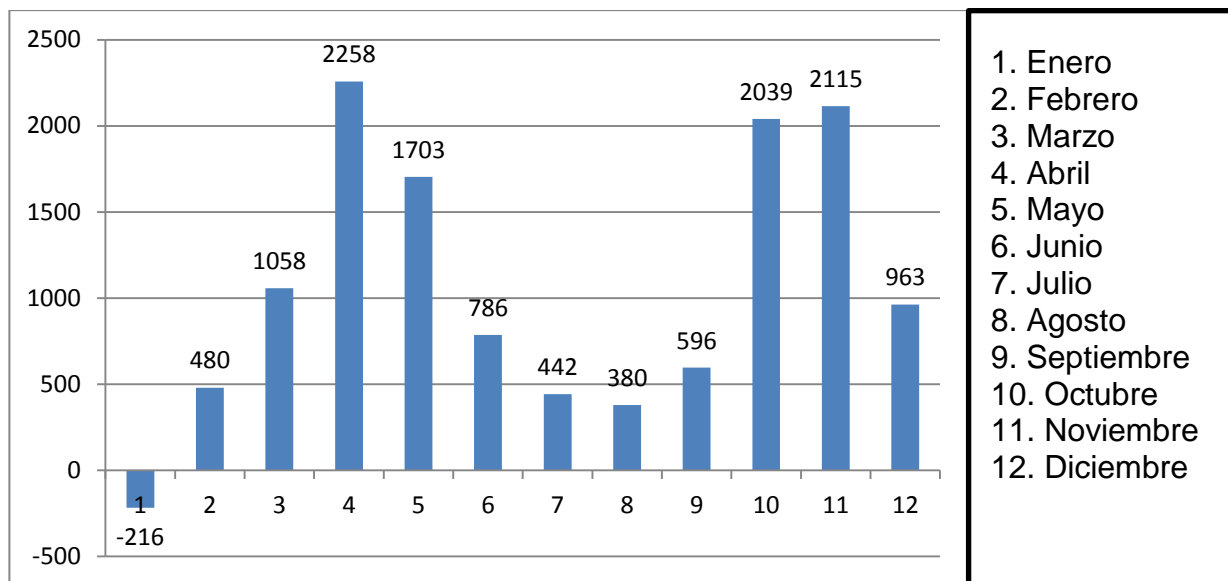
Fuente: Elaboración propia

**Tabla 39. Resultados de precipitación promedio mensual, demanda y oferta mensual, y volumen del tanque de almacenamiento – MAXIMO**

Mes	Ppi (L/m <sup>2</sup> )	No de Días	Demanda D1 (m <sup>3</sup> /mes)	Oferta Ai (m <sup>3</sup> /mes)	Oferta de agua con pérdidas en m <sup>3</sup> (A'i)	Volumen del tanque (m <sup>3</sup> ) al mes	Volumen del tanque (L) al Día
Enero	22	31	24	18	18	-6.5	-216
Febrero	45	28	22	37	36	14.4	480
Marzo	69	31	24	57	56	31.7	1058
Abril	112	30	24	93	91	67.7	2258
Mayo	93	31	24	77	76	51.1	1703
Junio	58	30	24	48	47	23.6	786
Julio	46	31	24	38	38	13.3	442
Agosto	44	31	24	36	35	11.4	380
Septiembre	51	30	24	42	42	17.9	596
Octubre	105	31	24	87	86	61.2	2039
Noviembre	107	30	24	89	87	63.4	2115
Diciembre	66	31	24	54	53	28.9	963
Prom:			24				

Fuente: Elaboración propia

**Grafica N° 13. Máximo, Volumen del tanque de almacenamiento (L/Día)**



Fuente: Elaboración propia de acuerdo con los resultados de la Tabla No 39.

## 7.2.10 Lote 108 Vacío

**Foto N° 13. Lote 108 vacío**



Fuente: Propia

**Bodega Vacía**

Debido a que esta bodega del lote 108 se encuentra desocupada se realiza una proyección de acuerdo al área obtenida, teniendo en cuenta que los baños se encuentran en el primer piso, según los planos proporcionados por los copropietarios de las Zona Franca de Bogotá.

**Tabla 40. Resultados de demanda de agua mensual –Vacío**

Demanda de agua mensual		
N u	45	
Dotación	21	L/persona/día
Oferta de agua en el mes (Ai)		
Ce	0.8	Teja termo acústica
Ac	1440	m <sup>2</sup>

Fuente: Elaboración propia

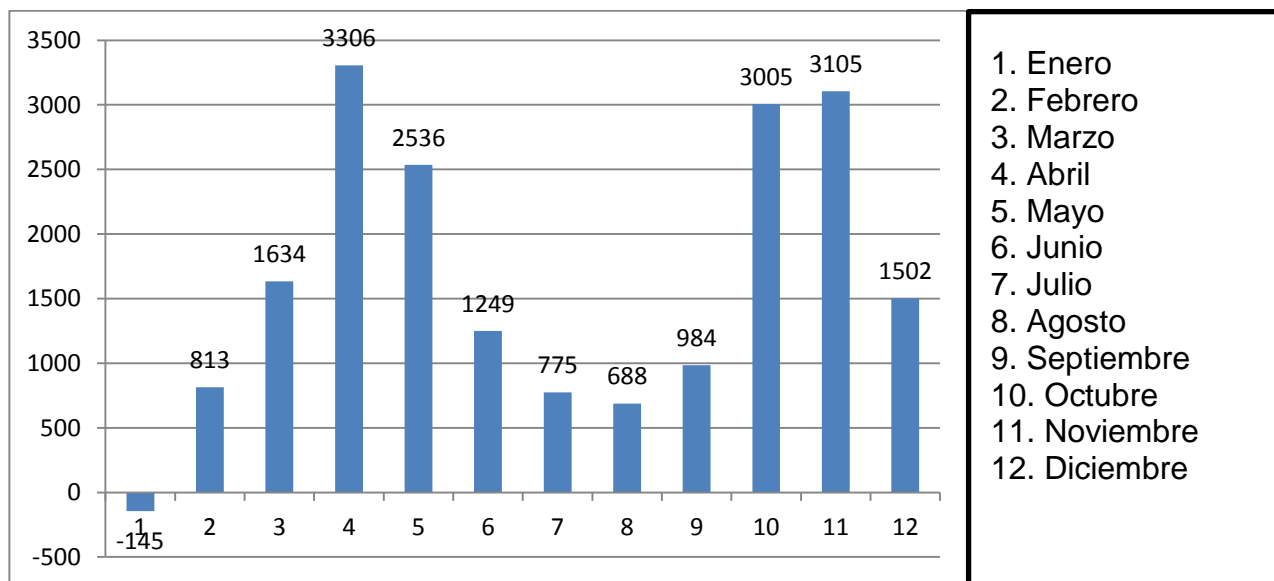
**Tabla 41. Resultados de precipitación promedio mensual, demanda y oferta mensual, y volumen del tanque de almacenamiento – VACIO**

Mes	Ppi (L/m <sup>2</sup> )	No de Días	Demanda D1 (m <sup>3</sup> /mes)	Oferta Ai (m <sup>3</sup> /mes)	Oferta de agua con pérdidas en m <sup>3</sup> (A'i)	Volumen del tanque (m <sup>3</sup> ) al mes	Volumen del tanque (L) al Día
Enero	22	31	29	25	25	-4	-145
Febrero	45	28	27	52	51	24	813
Marzo	69	31	29	80	78	49	1634
Abril	112	30	28	130	128	99	3306
Mayo	93	31	29	107	105	76	2536
Junio	58	30	28	67	66	38	1249
Julio	46	31	29	54	53	23	775
Agosto	44	31	29	51	50	21	688
Septiembre	51	30	28	59	58	30	984
Octubre	105	31	29	122	120	90	3005
Noviembre	107	30	28	124	122	93	3105
Diciembre	66	31	29	76	74	45	1502
Prom:			29				

Fuente: Elaboración propia



**Grafica N° 14. Volumen del tanque de almacenamiento (L/Día)**



Fuente: Elaboración propia de acuerdo con los resultados de la Tabla No 41.

### 7.2.11 Lote 109 Almacenes Máximo

**Foto N° 14. Almacenes máximo**



Fuente: Propia

**Tabla 42. Resultados de demanda de agua mensual –Máximo**

Demanda de agua mensual		
N u	40	
Dotación	20	L/persona/día
Oferta de agua en el mes (Ai)		
Ce	0.8	Teja de arcilla
Ac	1400	m <sup>2</sup>

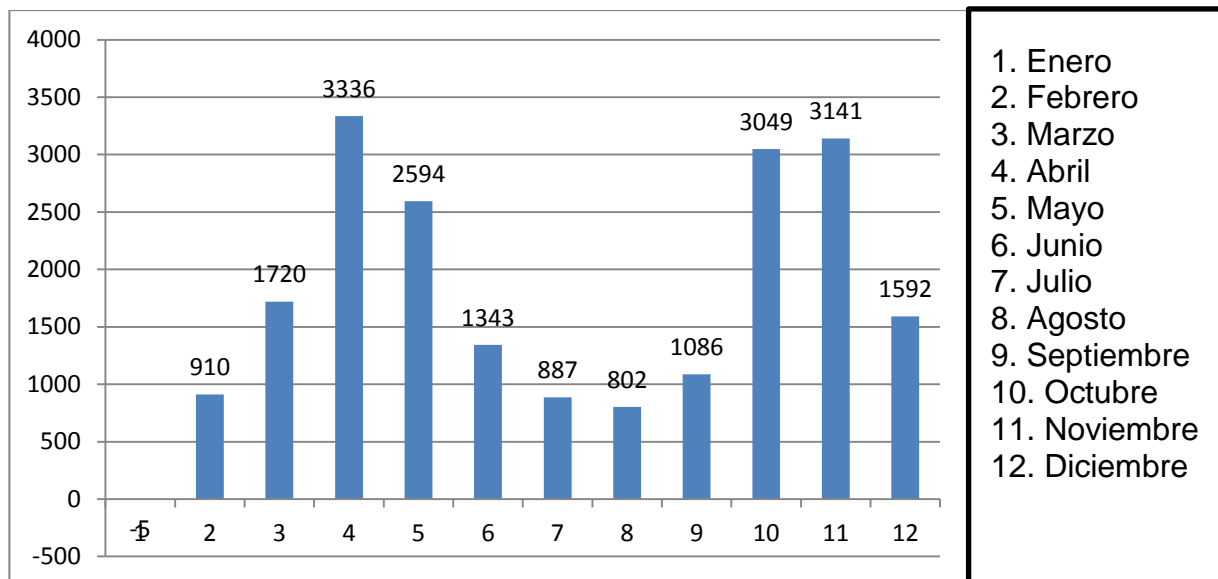
Fuente: Elaboración propia

**Tabla 43. Resultados de precipitación promedio mensual, demanda y oferta mensual, y volumen del tanque de almacenamiento – Máximo**

Mes	Ppi (L/m <sup>2</sup> )	No de Días	Demanda D1 (m <sup>3</sup> /mes)	Oferta Ai (m <sup>3</sup> /mes)	Oferta de agua con pérdidas en m <sup>3</sup> (A'i)	Volumen del tanque (m <sup>3</sup> ) al mes	Volumen del tanque (L) al Día
Enero	22	31	24	25	24	-0.2	-5
Febrero	45	28	22	50	49	27	910
Marzo	69	31	24	77	76	52	1720
Abril	112	30	24	126	124	100	3336
Mayo	93	31	24	104	102	78	2594
Junio	58	30	24	65	64	40	1343
Julio	46	31	24	52	51	27	887
Agosto	44	31	24	49	49	24	802
Septiembre	51	30	24	57	56	33	1086
Octubre	105	31	24	118	116	92	3049
Noviembre	107	30	24	120	118	94	3141
Diciembre	66	31	24	73	72	49	1592
Prom:			24				

Fuente: Elaboración propia

**Grafica N° 15. Máximo, Volumen del tanque de almacenamiento (L/Día)**



Fuente: Elaboración propia de acuerdo con los resultados de la Tabla No 43

## 7.2.12 Lote 110 Denali

**Foto N° 15. Denali**



Fuente: Propia

“DENALI S.A.S nació en Colombia en el año 2006, buscando satisfacer las necesidades y expectativas del mercado Colombiano y Suramericano ofreciendo paquete completo en el mercado de confección de prendas de vestir. Son una empresa dedicada al diseño, fabricación, y exportación de prendas de vestir con los más altos estándares de calidad y escogiendo los mejores insumos y materias primas. Somos una empresa flexible, ágil, y a la vanguardia en diseño y tecnología”<sup>30</sup>

**Tabla 44. Resultados de demanda de agua mensual –Denali**

Demanda de agua mensual		
N u	45	
Dotación	26	L/persona/día
Oferta de agua en el mes (Ai)		
Ce	0.8	Teja de arcilla
Ac	1444	m <sup>2</sup>
A'i	Oferta del mes "i" teniendo en cuenta las pérdidas (m3)	

Fuente: Elaboración propia

---

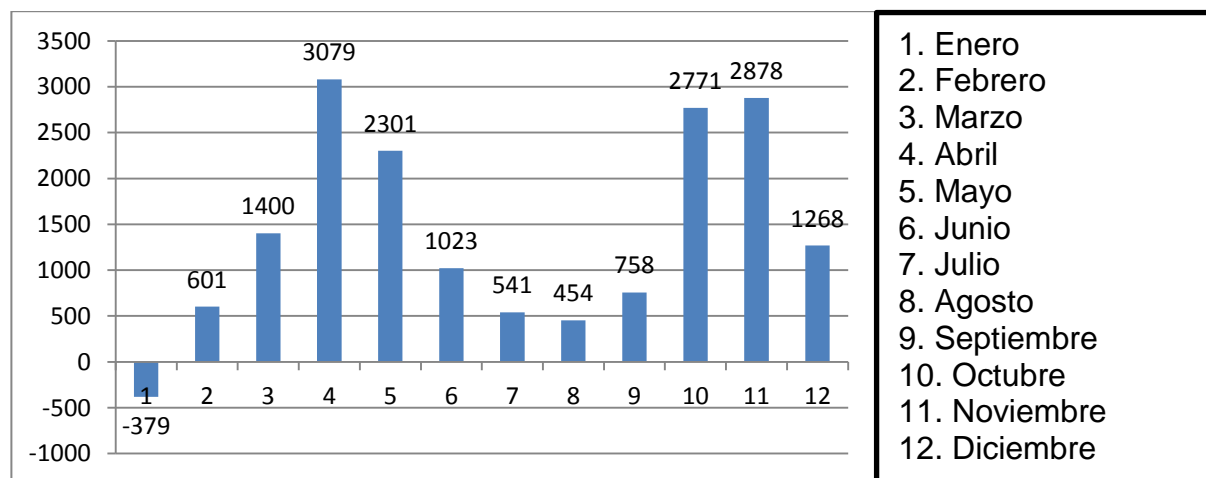
<sup>30</sup>DENALI. Somos. Colombia. [En línea]. [10 de septiembre 2013] disponible en: ([http://denalisa.com/es/quienes\\_somos](http://denalisa.com/es/quienes_somos)).

**Tabla 45. Resultados de precipitación promedio mensual, demanda y oferta mensual, y volumen del tanque de almacenamiento – Denali**

Mes	Ppi (L/m <sup>2</sup> )	No de Días	Demanda D1 (m <sup>3</sup> /mes)	Oferta Ai (m <sup>3</sup> /mes)	Oferta de agua con pérdidas en m <sup>3</sup> (A'i)	Volumen del tanque (m <sup>3</sup> ) al mes	Volumen del tanque (L) al Día
Enero	22	31	36	25	25	-11	-379
Febrero	45	28	33	52	51	18	601
Marzo	69	31	36	80	78	42	1400
Abril	112	30	35	130	128	92	3079
Mayo	93	31	36	107	105	69	2301
Junio	58	30	35	67	66	31	1023
Julio	46	31	36	54	53	16	541
Agosto	44	31	36	51	50	14	454
Septiembre	51	30	35	59	58	23	758
Octubre	105	31	36	122	120	83	2771
Noviembre	107	30	35	124	122	86	2878
Diciembre	66	31	36	74	74	38	1268
		Prom:	36				

Fuente: Elaboración propia

**Grafica N° 16. Denali, Volumen del tanque de almacenamiento (L/Día)**



Fuente: Elaboración propia de acuerdo con los resultados de la Tabla No 45.

### 7.2.13 Lote 111-112 Polimes

Foto N° 16. Polimes



**Fuente:** Propia

“La innovación de Pólimes S.A. ha sido reconocida por el diseño y la alta calidad en sus productos desde 1979, convirtiendo la marca Pólimes® en líder por más de 30 años. Nace en Octubre 31 de 1979, produciendo partes plásticas para terceros. A principios de los ochenta, amplía su presencia con productos industriales para Empresas de gran tecnología. La revolución tecnológica se intensifica y en 1987 se da a conocer en el mercado con una amplia línea térmica, siendo el pionero en Termos para Alimentos, lo que motivaría que la empresa supiera una necesidad de productos para el hogar, trabajo y colegio. Entre 1987 y 2002 alcanza tecnología de última generación para el diseño y fabricación de nuevos productos. A finales de 1988, inicia sus operaciones de exportación, las cuales se han venido expandiendo a través de los años, contando en este momento con ventas a más de doce países entre los cuales se destacan Estados Unidos, México, Venezuela, Perú, Ecuador, Puerto Rico, República Dominicana, Honduras, Panamá, Costa Rica.”<sup>31</sup>

---

<sup>31</sup>POLIMES. Empresa. Colombia. [En línea]. [20 de septiembre 2013] disponible en: (<http://www.polimes.com/empresa.html>)

**Tabla 46. Resultados de demanda de agua mensual –Polimes**

Demanda de agua mensual		
N u	130	
Dotación	17	L/persona/día
Ce	0.8	Teja Termo acústica
Ac	2716	m <sup>2</sup>

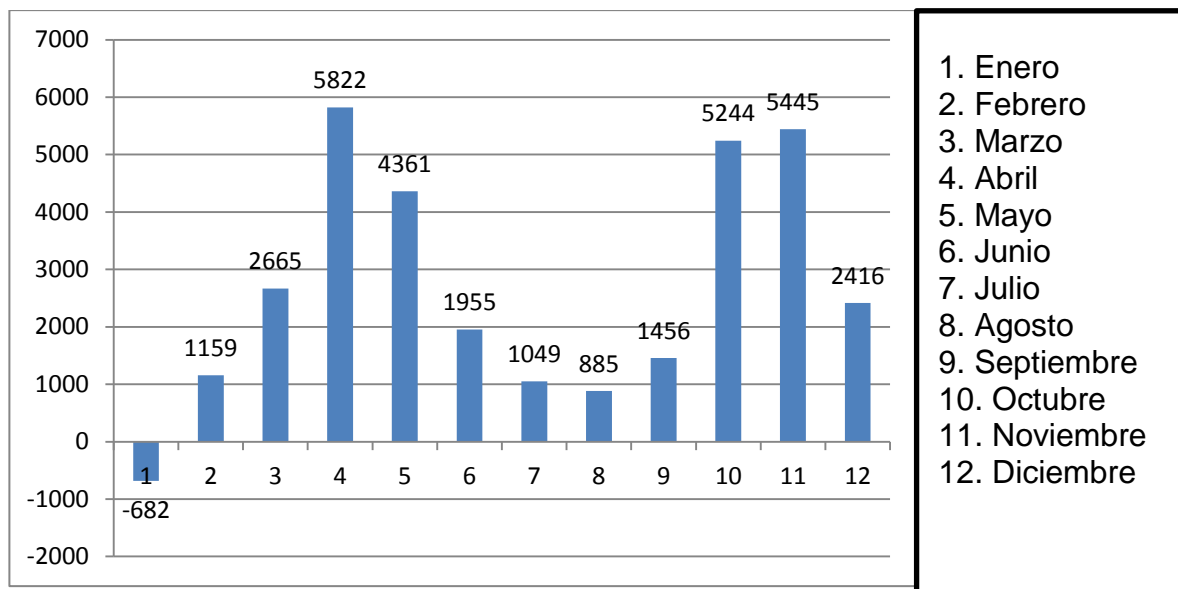
Fuente: Elaboración propia

**Tabla 47. Resultados de precipitación promedio mensual, demanda y oferta mensual, y volumen del tanque de almacenamiento – Polimes**

Mes	Ppi (L/m <sup>2</sup> )	No de Días	Demanda D1 (m <sup>3</sup> /mes)	Oferta Ai (m <sup>3</sup> /mes)	Oferta de agua con pérdidas en m <sup>3</sup> (A'i)	Volumen del tanque (m <sup>3</sup> ) al mes	Volumen del tanque (L) al Día
Enero	22	31	68	48	47	-21	-682
Febrero	45	28	61	97	96	35	1159
Marzo	69	31	68	150	147	80	2665
Abril	112	30	65	244	240	175	5822
Mayo	93	31	68	202	198	131	4361
Junio	58	30	65	126	124	59	1955
Julio	46	31	68	101	99	32	1049
Agosto	44	31	68	96	94	27	885
Septiembre	51	30	65	111	109	44	1456
Octubre	105	31	68	229	225	157	5244
Noviembre	107	30	66	233	229	163	5445
Diciembre	66	31	68	142	140	73	2416
		Prom:	66				

Fuente: Elaboración propia

**Grafica N° 17. Polimes, Volumen del tanque de almacenamiento (L/Día)**



Fuente: Elaboración propia de acuerdo con los resultados de la Tabla No 47

## 7.2.14 Lote 113 Vacío

**Foto N° 17. Lote 113**



**Fuente:** Propia

Este lote es propiedad de máximo pero no está construido por lo que no es posible realizar el diseño para este lote.



**Tabla 48. Volumen de almacenamiento de las 4 lagunas**

Laguna	Volumen m <sup>3</sup>
1	4200
2	13900
3	29900
4	19732
Total	67732

Fuente: Zona Franca.

#### 7.2.14 Resultados análisis curva de masas

Para la obtención del volumen de almacenamiento se utilizó el análisis de masas, con el fin de determinar el volumen necesario de abastecimiento para cada empresa, los resultados se realizaron a partir de la misma metodología usada para la empresa Compumax. A continuación en la Tabla 48 se muestran los volúmenes en m<sup>3</sup> para cada una de las empresas de la manzana 15.

**Tabla 49. Volumen del tanque de almacenamiento (m<sup>3</sup>)**

Volumen del Tanque de almacenamiento (m <sup>3</sup> )	
Empresa	Volumen (m <sup>3</sup> )
COMPUMAX	10
TMLI	6
DIGITEX DESPEGAR	7
VALMY	12
LOTE 103 (Bodega No 1, 2, 3, 4, 5 y 6)	46
DFI CASTAÑO GONZALES Y CIA REPREMUNDO	5
CLASICC	13
INTERTRADING	7
ALMACENES MAXIMO	6
BODEGA VACIA	4
ALMACENES MAXIMO	5
DENALI	11
POLIMES	20

Fuente: Elaboración propia

#### **7.2.15 Resultados sistema de bombeo**

Los cálculos para la obtención de la potencia de la bomba se realizaron de igual forma a los elaborados para la empresa Compumax, estos resultados se resumieron en el anexo.

### **8. Análisis económico**

#### **8.1 Análisis económico del sistema de captación**

Para el desarrollo de análisis económico se estableció una vida útil del proyecto de 20 años en los cuales el sistema será implementado, para determinar la viabilidad económica del proyecto se realizara el cálculo de flujo de fondos identificando el beneficio económico aportado por el proyecto.

**Tabla 50. Flujo de fondos - Compumax**

Implementando el sisitema											
Descripcion	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
(+)Ingreso		\$ 2,559,744	\$ 2,559,744	\$ 2,559,744	\$ 2,559,744	\$ 2,559,744	\$ 2,559,744	\$ 2,559,744	\$ 2,559,744	\$ 2,559,744	\$ 2,559,744
(-)Capatacion de agua		\$ 2,201,600									
(-)Conduccion de agua		\$ 1,353,800									
(-)Filtro lento de arena		\$ 189,500									
(-)Tanques de almacenamiento		\$ 5,457,684									
(-)Maquinaria		\$ 900,000									
(-)Mano de obra		\$ 4,400,000									
(-)Transporte Insumos		\$ 300,000									
(-)Implementos		\$ 1,115,800									
(-) Costos de inversion	\$ 15,018,384										
(-)Precio de consumo		\$ 2,559,744									
Flujo de caja		-\$ 15,018,384	\$ 2,559,744	\$ 2,559,744	\$ 2,559,744	\$ 2,559,744	\$ 2,559,744	\$ 2,559,744	\$ 2,559,744	\$ 2,559,744	\$ 2,559,744
				\$ 5,119,488	\$ 7,679,232	\$ 10,238,976	\$ 12,798,720	\$ 15,358,464			
								Recupera la inversion			
VPN:		-\$ 13,653,076	\$ 2,115,491	\$ 1,923,174	\$ 1,748,340	\$ 1,589,400	\$ 1,444,909	\$ 1,313,553	\$ 1,194,139	\$ 1,085,581	\$ 986,892
VPN:	\$ 5,812,427	>1	El VPN es mayor 1 por lo que podemos decir que el proyecto es rentable								
11	12	13	14	15	16	17	18	19	20		
\$ 2,559,744	\$ 2,559,744	\$ 2,559,744	\$ 2,559,744	\$ 2,559,744	\$ 2,559,744	\$ 2,559,744	\$ 2,559,744	\$ 2,559,744	\$ 2,559,744	\$ 2,559,744	
\$ 2,559,744	\$ 2,559,744	\$ 2,559,744	\$ 2,559,744	\$ 2,559,744	\$ 2,559,744	\$ 2,559,744	\$ 2,559,744	\$ 2,559,744	\$ 2,559,744	\$ 2,559,744	
\$ 897,175	\$ 815,613	\$ 741,467	\$ 674,061	\$ 612,782	\$ 557,075	\$ 506,432	\$ 460,392	\$ 418,539	\$ 380,490		

Fuente: Elaboración propia

### Tabla 51. Flujo de fondos - TMLI

Implementando el sisitema											
Descripcion	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
(+)Ingreso		\$ 2,559,744	\$ 2,559,744	\$ 2,559,744	\$ 2,559,744	\$ 2,559,744	\$ 2,559,744	\$ 2,559,744	\$ 2,559,744	\$ 2,559,744	\$ 2,559,744
(-)Capatacion de agua		\$ 2,201,600									
(-)Conduccion de agua		\$ 1,353,800									
(-)Filtro lento de arena		\$ 189,500									
(-)Tanques de almacenamiento		\$ 3,313,888									
(-)Maquinaria		\$ 900,000									
(-)Mano de obra		\$ 4,400,000									
(-)Transporte Insumos		\$ 300,000									
(-)Implementos		\$ 1,115,800									
(-) Costos de inversion	\$ 12,874,588										
(-)Precio de consumo		\$ 2,559,744									
Flujo de caja		-\$ 12,874,588	\$ 2,559,744	\$ 2,559,744	\$ 2,559,744	\$ 2,559,744	\$ 2,559,744	\$ 2,559,744	\$ 2,559,744	\$ 2,559,744	\$ 2,559,744
				\$ 5,119,488	\$ 7,679,232	\$ 10,238,976	\$ 12,798,720	\$ 15,358,464			
							Recupera la inversion				
VPN:		-\$ 11,704,171	\$ 2,115,491	\$ 1,923,174	\$ 1,748,340	\$ 1,589,400	\$ 1,444,909	\$ 1,313,553	\$ 1,194,139	\$ 1,085,581	\$ 986,892
VPN:	\$ 7,761,333	>1	El VPN es mayor 1 por lo que podemos decir que el proyecto es rentable								
11	12	13	14	15	16	17	18	19	20		
\$ 2,559,744	\$ 2,559,744	\$ 2,559,744	\$ 2,559,744	\$ 2,559,744	\$ 2,559,744	\$ 2,559,744	\$ 2,559,744	\$ 2,559,744	\$ 2,559,744	\$ 2,559,744	
\$ 2,559,744	\$ 2,559,744	\$ 2,559,744	\$ 2,559,744	\$ 2,559,744	\$ 2,559,744	\$ 2,559,744	\$ 2,559,744	\$ 2,559,744	\$ 2,559,744	\$ 2,559,744	
\$ 897,175	\$ 815,613	\$ 741,467	\$ 674,061	\$ 612,782	\$ 557,075	\$ 506,432	\$ 460,392	\$ 418,539	\$ 380,490		

Fuente: Elaboración propia

Tabla 52. Flujo de fondos - Digitex Despegar

Implementando el sistema											
Descripcion	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
(+)Ingreso		\$ 2,559,744	\$ 2,559,744	\$ 2,559,744	\$ 2,559,744	\$ 2,559,744	\$ 2,559,744	\$ 2,559,744	\$ 2,559,744	\$ 2,559,744	\$ 2,559,744
(-)Capatacion de agua		\$ 2,201,600									
(-)Conduccion de agua		\$ 1,353,800									
(-)Filtro lento de arena		\$ 189,500									
(-)Tanques de almacenamiento		\$ 3,650,636									
(-)Maquinaria		\$ 900,000									
(-)Mano de obra		\$ 4,400,000									
(-)Transporte Insumos		\$ 300,000									
(-)Implementos		\$ 1,115,800									
(-) Costos de inversion	\$ 13,211,336										
(-)Precio de consumo		\$ 2,559,744									
Flujo de caja		-\$ 13,211,336	\$ 2,559,744	\$ 2,559,744	\$ 2,559,744	\$ 2,559,744	\$ 2,559,744	\$ 2,559,744	\$ 2,559,744	\$ 2,559,744	\$ 2,559,744
				\$ 5,119,488	\$ 7,679,232	\$ 10,238,976	\$ 12,798,720	\$ 15,358,464			
								Recupera la inversion			
VPN:		-\$ 12,010,305	\$ 2,115,491	\$ 1,923,174	\$ 1,748,340	\$ 1,589,400	\$ 1,444,909	\$ 1,313,553	\$ 1,194,139	\$ 1,085,581	\$ 986,892
VPN:	\$ 7,455,198	>1	El VPN es mayor 1 por lo que podemos decir que el proyecto es rentable								
11	12	13	14	15	16	17	18	19	20		
\$ 2,559,744	\$ 2,559,744	\$ 2,559,744	\$ 2,559,744	\$ 2,559,744	\$ 2,559,744	\$ 2,559,744	\$ 2,559,744	\$ 2,559,744	\$ 2,559,744		
\$ 2,559,744	\$ 2,559,744	\$ 2,559,744	\$ 2,559,744	\$ 2,559,744	\$ 2,559,744	\$ 2,559,744	\$ 2,559,744	\$ 2,559,744	\$ 2,559,744		
\$ 897,175	\$ 815,613	\$ 741,467	\$ 674,061	\$ 612,782	\$ 557,075	\$ 506,432	\$ 460,392	\$ 418,539	\$ 380,490		

Fuente: Elaboración propia

Fuente: Elaboración propia

Tabla 54. Flujo de fondos - Lote 103 (bodega 1 a 6)

Implementando el sistema											
Descripcion	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
(+)Ingreso		\$ 2,559,744	\$ 2,559,744	\$ 2,559,744	\$ 2,559,744	\$ 2,559,744	\$ 2,559,744	\$ 2,559,744	\$ 2,559,744	\$ 2,559,744	\$ 2,559,744
(-)Capatacion de agua		\$ 550,400									
(-)Conduccion de agua		\$ 338,450									
(-)Filtro lento de arena		\$ 47,375									
(-)Tanques de almacenamiento		\$ 3,628,190									
(-)Maquinaria		\$ 900,000									
(-)Mano de obra		\$ 1,100,000									
(-)Transporte Insumos		\$ 300,000									
(-)Implementos		\$ 1,115,800									
(-) Costos de inversion	\$ 7,080,215										
(-)Precio de consumo		\$ 2,559,744									
Flujo de caja		-\$ 7,080,215	\$ 2,559,744	\$ 2,559,744	\$ 2,559,744	\$ 2,559,744	\$ 2,559,744	\$ 2,559,744	\$ 2,559,744	\$ 2,559,744	\$ 2,559,744
				\$ 5,119,488	\$ 7,679,232						
					Recupera la inversion						
VPN:		-\$ 6,436,559	\$ 2,115,491	\$ 1,923,174	\$ 1,748,340	\$ 1,589,400	\$ 1,444,909	\$ 1,313,553	\$ 1,194,139	\$ 1,085,581	\$ 986,892
VPN:	\$ 13,028,945	>1	El VPN es mayor 1 por lo que podemos decir que el proyecto es rentable								
11	12	13	14	15	16	17	18	19	20		
\$ 2,559,744	\$ 2,559,744	\$ 2,559,744	\$ 2,559,744	\$ 2,559,744	\$ 2,559,744	\$ 2,559,744	\$ 2,559,744	\$ 2,559,744	\$ 2,559,744	\$ 2,559,744	
\$ 2,559,744	\$ 2,559,744	\$ 2,559,744	\$ 2,559,744	\$ 2,559,744	\$ 2,559,744	\$ 2,559,744	\$ 2,559,744	\$ 2,559,744	\$ 2,559,744	\$ 2,559,744	
\$ 897,175	\$ 815,613	\$ 741,467	\$ 674,061	\$ 612,782	\$ 557,075	\$ 506,432	\$ 460,392	\$ 418,539	\$ 380,490		

Fuente: Elaboración propia

125  
Tabla 55. Flujo de fondos – Lote 104 – DFI Castañeda Gonzales, CIA Repremundo

Descripcion										9	10
(+)Ingreso		\$ 2,559,744	\$ 2,559,744	\$ 2,559,744	\$ 2,559,744	\$ 2,559,744	\$ 2,559,744	\$ 2,559,744	\$ 2,559,744	\$ 2,559,744	\$ 2,559,744
(-)Capatacion de agua		\$ 2,201,600									
(-)Conduccion de agua		\$ 1,353,800									
(-)Filtro lento de arena		\$ 189,500									
(-)Tanques de almacenamiento		\$ 2,977,140									
(-)Maquinaria		\$ 900,000									
(-)Mano de obra		\$ 4,400,000									
(-)Transporte Insumos		\$ 300,000									
(-)Implementos		\$ 1,115,800									
(-) Costos de inversion	\$ 12,537,840										
(-)Precio de consumo		\$ 2,559,744									
Flujo de caja		-\$ 12,537,840	\$ 2,559,744	\$ 2,559,744	\$ 2,559,744	\$ 2,559,744	\$ 2,559,744	\$ 2,559,744	\$ 2,559,744	\$ 2,559,744	\$ 2,559,744
				\$ 5,119,488	\$ 7,679,232	\$ 10,238,976	\$ 12,798,720				
							Recupera la inversion				
VPN:		-\$ 11,398,036	\$ 2,115,491	\$ 1,923,174	\$ 1,748,340	\$ 1,589,400	\$ 1,444,909	\$ 1,313,553	\$ 1,194,139	\$ 1,085,581	\$ 986,892
VPN:	\$ 8,067,467	>1	El VPN es mayor 1 por lo que podemos decir que el proyecto es rentable								
11	12	13	14	15	16	17	18	19	20		
\$ 2,559,744	\$ 2,559,744	\$ 2,559,744	\$ 2,559,744	\$ 2,559,744	\$ 2,559,744	\$ 2,559,744	\$ 2,559,744	\$ 2,559,744	\$ 2,559,744		
\$ 2,559,744	\$ 2,559,744	\$ 2,559,744	\$ 2,559,744	\$ 2,559,744	\$ 2,559,744	\$ 2,559,744	\$ 2,559,744	\$ 2,559,744	\$ 2,559,744		
\$ 897,175	\$ 815,613	\$ 741,467	\$ 674,061	\$ 612,782	\$ 557,075	\$ 506,432	\$ 460,392	\$ 418,539	\$ 380,490		

Fuente: Elaboración propia



Tabla 56. Flujo de fondos - Empresa Clasi

Implementando el sistema											
Descripcion	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
(+)Ingreso		\$ 2,559,744	\$ 2,559,744	\$ 2,559,744	\$ 2,559,744	\$ 2,559,744	\$ 2,559,744	\$ 2,559,744	\$ 2,559,744	\$ 2,559,744	\$ 2,559,744
(-)Capatacion de agua		\$ 2,201,600									
(-)Conduccion de agua		\$ 1,353,800									
(-)Filtro lento de arena		\$ 189,500									
(-)Tanques de almacenamiento		\$ 6,423,964									
(-)Maquinaria		\$ 900,000									
(-)Mano de obra		\$ 4,400,000									
(-)Transporte Insumos		\$ 300,000									
(-)Implementos		\$ 1,115,800									
(-) Costos de inversion	\$ 15,984,664										
(-)Precio de consumo		\$ 2,559,744									
Flujo de caja		-\$ 15,984,664	\$ 2,559,744	\$ 2,559,744	\$ 2,559,744	\$ 2,559,744	\$ 2,559,744	\$ 2,559,744	\$ 2,559,744	\$ 2,559,744	\$ 2,559,744
				\$ 5,119,488	\$ 7,679,232	\$ 10,238,976	\$ 12,798,720	\$ 15,358,464	\$ 17,918,208		
									Recupera la inversion		
VPN:		-\$ 14,531,513	\$ 2,115,491	\$ 1,923,174	\$ 1,748,340	\$ 1,589,400	\$ 1,444,909	\$ 1,313,553	\$ 1,194,139	\$ 1,085,581	\$ 986,892
VPN:	\$ 4,933,991	>1	El VPN es mayor 1 por lo que podemos decir que el proyecto es rentable								
11	12	13	14	15	16	17	18	19	20		
\$ 2,559,744	\$ 2,559,744	\$ 2,559,744	\$ 2,559,744	\$ 2,559,744	\$ 2,559,744	\$ 2,559,744	\$ 2,559,744	\$ 2,559,744	\$ 2,559,744	\$ 2,559,744	
\$ 2,559,744	\$ 2,559,744	\$ 2,559,744	\$ 2,559,744	\$ 2,559,744	\$ 2,559,744	\$ 2,559,744	\$ 2,559,744	\$ 2,559,744	\$ 2,559,744	\$ 2,559,744	
\$ 897,175	\$ 815,613	\$ 741,467	\$ 674,061	\$ 612,782	\$ 557,075	\$ 506,432	\$ 460,392	\$ 418,539	\$ 380,490		

Fuente: Elaboración propia

Tabla 57. Flujo de fondos Lote 106 – Empresa INTERTRADING

Implementando el sistema											
Descripcion	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
(+)Ingreso		\$ 2,559,744	\$ 2,559,744	\$ 2,559,744	\$ 2,559,744	\$ 2,559,744	\$ 2,559,744	\$ 2,559,744	\$ 2,559,744	\$ 2,559,744	\$ 2,559,744
(-)Capatacion de agua		\$ 2,201,600									
(-)Conduccion de agua		\$ 1,353,800									
(-)Filtro lento de arena		\$ 189,500									
(-)Tanques de almacenamiento		\$ 3,606,672									
(-)Maquinaria		\$ 900,000									
(-)Mano de obra		\$ 4,400,000									
(-)Transporte Insumos		\$ 300,000									
(-)Implementos		\$ 1,115,800									
(-) Costos de inversion	\$ 13,167,372										
(-)Precio de consumo		\$ 2,559,744									
Flujo de caja		-\$ 13,167,372	\$ 2,559,744	\$ 2,559,744	\$ 2,559,744	\$ 2,559,744	\$ 2,559,744	\$ 2,559,744	\$ 2,559,744	\$ 2,559,744	\$ 2,559,744
				\$ 5,119,488	\$ 7,679,232	\$ 10,238,976	\$ 12,798,720	\$ 15,358,464			
								Recupera la inversion			
VPN:		-\$ 11,970,338	\$ 2,115,491	\$ 1,923,174	\$ 1,748,340	\$ 1,589,400	\$ 1,444,909	\$ 1,313,553	\$ 1,194,139	\$ 1,085,581	\$ 986,892
VPN:	\$ 7,495,165	>1	El VPN es mayor 1 por lo que podemos decir que el proyecto es rentable								
11	12	13	14	15	16	17	18	19	20		
\$ 2,559,744	\$ 2,559,744	\$ 2,559,744	\$ 2,559,744	\$ 2,559,744	\$ 2,559,744	\$ 2,559,744	\$ 2,559,744	\$ 2,559,744	\$ 2,559,744	\$ 2,559,744	
\$ 2,559,744	\$ 2,559,744	\$ 2,559,744	\$ 2,559,744	\$ 2,559,744	\$ 2,559,744	\$ 2,559,744	\$ 2,559,744	\$ 2,559,744	\$ 2,559,744	\$ 2,559,744	
\$ 897,175	\$ 815,613	\$ 741,467	\$ 674,061	\$ 612,782	\$ 557,075	\$ 506,432	\$ 460,392	\$ 418,539	\$ 380,490		

Fuente: Elaboración propia

Tabla 58. Flujo de fondos Lote 107 – Empresa MAXIMO

Implementando el sisitema											
Descripcion	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
(+)Ingreso		\$ 2,559,744	\$ 2,559,744	\$ 2,559,744	\$ 2,559,744	\$ 2,559,744	\$ 2,559,744	\$ 2,559,744	\$ 2,559,744	\$ 2,559,744	\$ 2,559,744
(-)Capatacion de agua		\$ 2,201,600									
(-)Conduccion de agua		\$ 1,353,800									
(-)Filtro lento de arena		\$ 189,500									
(-)Tanques de almacenamiento		\$ 3,313,888									
(-)Maquinaria		\$ 900,000									
(-)Mano de obra		\$ 4,400,000									
(-)Transporte Insumos		\$ 300,000									
(-)Implementos		\$ 1,115,800									
(-) Costos de inversion	\$ 12,874,588										
(-)Precio de consumo		\$ 2,559,744									
Flujo de caja		-\$ 12,874,588	\$ 2,559,744	\$ 2,559,744	\$ 2,559,744	\$ 2,559,744	\$ 2,559,744	\$ 2,559,744	\$ 2,559,744	\$ 2,559,744	\$ 2,559,744
				\$ 5,119,488	\$ 7,679,232	\$ 10,238,976	\$ 12,798,720	\$ 15,358,464			
								Recupera la inversion			
VPN:		-\$ 11,704,171	\$ 2,115,491	\$ 1,923,174	\$ 1,748,340	\$ 1,589,400	\$ 1,444,909	\$ 1,313,553	\$ 1,194,139	\$ 1,085,581	\$ 986,892
VPN:	\$ 7,761,333	>1	El VPN es mayor 1 por lo que podemos decir que el proyecto es rentable								
11	12	13	14	15	16	17	18	19	20		
\$ 2,559,744	\$ 2,559,744	\$ 2,559,744	\$ 2,559,744	\$ 2,559,744	\$ 2,559,744	\$ 2,559,744	\$ 2,559,744	\$ 2,559,744	\$ 2,559,744	\$ 2,559,744	
\$ 2,559,744	\$ 2,559,744	\$ 2,559,744	\$ 2,559,744	\$ 2,559,744	\$ 2,559,744	\$ 2,559,744	\$ 2,559,744	\$ 2,559,744	\$ 2,559,744	\$ 2,559,744	
\$ 897,175	\$ 815,613	\$ 741,467	\$ 674,061	\$ 612,782	\$ 557,075	\$ 506,432	\$ 460,392	\$ 418,539	\$ 380,490		

Fuente: Elaboración propia

### Tabla 59. Flujo de fondos - Lote 108

Implementando el sistema											
Descripcion	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
(+)Ingreso		\$ 2,559,744	\$ 2,559,744	\$ 2,559,744	\$ 2,559,744	\$ 2,559,744	\$ 2,559,744	\$ 2,559,744	\$ 2,559,744	\$ 2,559,744	\$ 2,559,744
(-)Capatacion de agua		\$ 2,201,600									
(-)Conduccion de agua		\$ 1,353,800									
(-)Filtro lento de arena		\$ 189,500									
(-)Tanques de almacenamiento		\$ 2,418,600									
(-)Maquinaria		\$ 900,000									
(-)Mano de obra		\$ 4,400,000									
(-)Transporte Insumos		\$ 300,000									
(-)Implementos		\$ 1,115,800									
(-) Costos de inversion	\$ 11,979,300										
(-)Precio de consumo		\$ 2,559,744									
Flujo de caja		-\$ 11,979,300	\$ 2,559,744	\$ 2,559,744	\$ 2,559,744	\$ 2,559,744	\$ 2,559,744	\$ 2,559,744	\$ 2,559,744	\$ 2,559,744	\$ 2,559,744
				\$ 5,119,488	\$ 7,679,232	\$ 10,238,976	\$ 12,798,720				
							Recupera la inversion				
VPN:		-\$ 10,890,273	\$ 2,115,491	\$ 1,923,174	\$ 1,748,340	\$ 1,589,400	\$ 1,444,909	\$ 1,313,553	\$ 1,194,139	\$ 1,085,581	\$ 986,892
VPN:	\$ 8,575,231	>1	El VPN es mayor 1 por lo que podemos decir que el proyecto es rentable								

Fuente: Elaboración propia

**Tabla 60. Flujo de fondos Lote 109 – Máximo**

Implementando el sisitema											
Descripcion	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
(+)Ingreso		\$ 2,559,744	\$ 2,559,744	\$ 2,559,744	\$ 2,559,744	\$ 2,559,744	\$ 2,559,744	\$ 2,559,744	\$ 2,559,744	\$ 2,559,744	\$ 2,559,744
(-)Capatacion de agua		\$ 2,201,600									
(-)Conduccion de agua		\$ 1,353,800									
(-)Filtro lento de arena		\$ 189,500									
(-)Tanques de almacenamiento		\$ 2,825,528									
(-)Maquinaria		\$ 900,000									
(-)Mano de obra		\$ 4,400,000									
(-)Transporte Insumos		\$ 300,000									
(-)Implementos		\$ 1,115,800									
(-) Costos de inversion	\$ 12,386,228										
(-)Precio de consumo		\$ 2,559,744									
Flujo de caja		-\$ 12,386,228	\$ 2,559,744	\$ 2,559,744	\$ 2,559,744	\$ 2,559,744	\$ 2,559,744	\$ 2,559,744	\$ 2,559,744	\$ 2,559,744	\$ 2,559,744
				\$ 5,119,488	\$ 7,679,232	\$ 10,238,976	\$ 12,798,720				
							Recupera la inversion				
VPN:		-\$ 11,260,207	\$ 2,115,491	\$ 1,923,174	\$ 1,748,340	\$ 1,589,400	\$ 1,444,909	\$ 1,313,553	\$ 1,194,139	\$ 1,085,581	\$ 986,892
VPN:	\$ 8,205,296	>1	El VPN es mayor 1 por lo que podemos decir que el proyecto es rentable								

11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
\$ 2,559,744	\$ 2,559,744	\$ 2,559,744	\$ 2,559,744	\$ 2,559,744	\$ 2,559,744	\$ 2,559,744	\$ 2,559,744	\$ 2,559,744	\$ 2,559,744
\$ 2,559,744	\$ 2,559,744	\$ 2,559,744	\$ 2,559,744	\$ 2,559,744	\$ 2,559,744	\$ 2,559,744	\$ 2,559,744	\$ 2,559,744	\$ 2,559,744
\$ 897,175	\$ 815,613	\$ 741,467	\$ 674,061	\$ 612,782	\$ 557,075	\$ 506,432	\$ 460,392	\$ 418,539	\$ 380,490

Fuente: Elaboración propia

Tabla 61. Flujo de fondos Lote 110 – Denali

Implementando el sistema											
Descripcion	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
(+)Ingreso		\$ 2,559,744	\$ 2,559,744	\$ 2,559,744	\$ 2,559,744	\$ 2,559,744	\$ 2,559,744	\$ 2,559,744	\$ 2,559,744	\$ 2,559,744	\$ 2,559,744
(-)Capatacion de agua		\$ 2,201,600									
(-)Conduccion de agua		\$ 1,353,800									
(-)Filtro lento de arena		\$ 189,500									
(-)Tanques de almacenamiento		\$ 5,794,432									
(-)Maquinaria		\$ 900,000									
(-)Mano de obra		\$ 4,400,000									
(-)Transporte Insumos		\$ 300,000									
(-)Implementos		\$ 1,115,800									
(-) Costos de inversion	\$ 15,355,132										
(-)Precio de consumo		\$ 2,559,744									
Flujo de caja		-\$ 15,355,132	\$ 2,559,744	\$ 2,559,744	\$ 2,559,744	\$ 2,559,744	\$ 2,559,744	\$ 2,559,744	\$ 2,559,744	\$ 2,559,744	\$ 2,559,744
				\$ 5,119,488	\$ 7,679,232	\$ 10,238,976	\$ 12,798,720	\$ 15,358,464			
								Recupera la inversion			
VPN:		-\$ 13,959,211	\$ 2,115,491	\$ 1,923,174	\$ 1,748,340	\$ 1,589,400	\$ 1,444,909	\$ 1,313,553	\$ 1,194,139	\$ 1,085,581	\$ 986,892
VPN:	\$ 5,506,293	>1	El VPN es mayor 1 por lo que podemos decir que el proyecto es rentable								
11	12	13	14	15	16	17	18	19	20		
\$ 2,559,744	\$ 2,559,744	\$ 2,559,744	\$ 2,559,744	\$ 2,559,744	\$ 2,559,744	\$ 2,559,744	\$ 2,559,744	\$ 2,559,744	\$ 2,559,744	\$ 2,559,744	
\$ 2,559,744	\$ 2,559,744	\$ 2,559,744	\$ 2,559,744	\$ 2,559,744	\$ 2,559,744	\$ 2,559,744	\$ 2,559,744	\$ 2,559,744	\$ 2,559,744	\$ 2,559,744	
\$ 897,175	\$ 815,613	\$ 741,467	\$ 674,061	\$ 612,782	\$ 557,075	\$ 506,432	\$ 460,392	\$ 418,539	\$ 380,490		

Fuente: Elaboración propia

**Tabla 62. Flujo de caja Lote 111-112 – Polimes**

Implementando el sistema											
Descripcion	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
(+)Ingreso		\$ 2,559,744	\$ 2,559,744	\$ 2,559,744	\$ 2,559,744	\$ 2,559,744	\$ 2,559,744	\$ 2,559,744	\$ 2,559,744	\$ 2,559,744	\$ 2,559,744
(-)Capatacion de agua		\$ 2,201,600									
(-)Conduccion de agua		\$ 1,353,800									
(-)Filtro lento de arena		\$ 189,500									
(-)Tanques de almacenamiento		\$ 9,988,876									
(-)Maquinaria		\$ 900,000									
(-)Mano de obra		\$ 4,400,000									
(-)Transporte Insumos		\$ 300,000									
(-)Implementos		\$ 1,115,800									
(-) Costos de inversion	\$ 19,549,576										
(-)Precio de consumo		\$ 2,559,744									
Flujo de caja		-\$ 19,549,576	\$ 2,559,744	\$ 2,559,744	\$ 2,559,744	\$ 2,559,744	\$ 2,559,744	\$ 2,559,744	\$ 2,559,744	\$ 2,559,744	\$ 2,559,744
				\$ 5,119,488	\$ 7,679,232	\$ 10,238,976	\$ 12,798,720	\$ 15,358,464	\$ 17,918,208	\$ 20,477,952	
										Recupera la inversion	
VPN:		-\$ 17,772,342	\$ 2,115,491	\$ 1,923,174	\$ 1,748,340	\$ 1,589,400	\$ 1,444,909	\$ 1,313,553	\$ 1,194,139	\$ 1,085,581	\$ 986,892
VPN:	\$ 1,693,162	>1	El VPN es mayor 1 por lo que podemos decir que el proyecto es rentable								
11	12	13	14	15	16	17	18	19	20		
\$ 2,559,744	\$ 2,559,744	\$ 2,559,744	\$ 2,559,744	\$ 2,559,744	\$ 2,559,744	\$ 2,559,744	\$ 2,559,744	\$ 2,559,744	\$ 2,559,744	\$ 2,559,744	
\$ 2,559,744	\$ 2,559,744	\$ 2,559,744	\$ 2,559,744	\$ 2,559,744	\$ 2,559,744	\$ 2,559,744	\$ 2,559,744	\$ 2,559,744	\$ 2,559,744	\$ 2,559,744	
\$ 897,175	\$ 815,613	\$ 741,467	\$ 674,061	\$ 612,782	\$ 557,075	\$ 506,432	\$ 460,392	\$ 418,539	\$ 380,490		

Fuente: Elaboración propia

## 9. Análisis Ambiental

### 9.1 Matriz de involucrados

Tabla 63. Matriz de involucrados

<b>Grupos de involucrados</b>	<b>Intereses</b>	<b>Problemas percibidos</b>	<b>Recursos y mandatos</b>
Beneficiarios: Empresas de la manzana 15.	Reducir costos y maximizar las ganancias	Uso inadecuado del recurso hídrico al interior de las empresas.	Recolección de aguas lluvias con un tratamiento para su uso interno
Zona Franca	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Ser una zona autosustentable</li> <li>- Caracterizarse por ser la mejor Zona Franca del país donde se aprovechen al máximo los recursos tales como el agua de lluvia.</li> </ul>	Alta demanda del recurso hídrico para los procesos industriales y sanitarios	Ser pionera en materia de auto sostenibilidad ,iniciando este propósito en las empresas de la manzana 15 de la Zona Franca de Bogotá, aprovechando el agua de lluvia para su uso interno
Clientes potenciales de las empresas en la manzana 15	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Obtener producto de buena calidad y menor costo</li> </ul>	Debido a los altos costos de manufactura interna de las empresas (alta demanda de agua), hay mayor costo en la oferta de los productos por lo tanto mayor costo para sus clientes.	Mayor ingreso debido a la gran demanda de sus productos por sus bajos costos siendo reconocida estas marcas en el mercado competitivo.

Fuente: Elaboración propia



## 9.2 Análisis de alternativas

Tabla 64. Matriz de alternativas

Tipo de acciones	Proyecto
<b>Mejoramiento</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Implementar nuevas tecnologías en el sistema de captación de agua lluvia existentes en el mercado</li> <li>• Aplicar las nuevas técnicas existentes en el sistema de captación del agua lluvias para así reducir las pérdidas de este recurso</li> </ul>
<b>Restauración</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Realizar mantenimiento preventivo cada mes para verificar que el proceso de captación este en óptimas condiciones</li> <li>• Realizar un seguimiento y control a la eficiencia del tratamiento maximizando así el rendimiento.</li> </ul>
<b>Fomento</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Incentivar el uso de energías alternativas y limpias en los procesos industriales y sanitarios, aportando así a la conservación del recurso hídrico y beneficiando económicamente a las empresas de la manzana 15.</li> </ul>

Fuente: Elaboración propia

### 9.3 Matriz de marco lógico

Tabla 65. Matriz de marco lógico

RESUMEN NARRATIVO		INDICADORES	MEDIOS DE VERIFICACIÓN	SUPUESTOS
<b>FIN</b>	1.1) Reducir el consumo de agua potable en las empresas de la manzana 15 y de esta manera disminuir el costo económico generado por la alta demanda de esta. 1.2) Fomentar el uso de tecnologías limpias para generar sostenibilidad.	Eficiencia del sistema formulado.	1.1) contador del agua, (registro del acueducto).	Se disminuirá los consumos y los costos económicos
<b>PROPÓSITO</b>	Formular un sistema de captación de aguas lluvias en la manzana 15.	Calidad del agua. Porcentaje de agua captada.  Eficiencia de la captación de agua lluvia	Análisis costo beneficio del sistema de captación de aguas lluvias.	El sistema será aprobado e implementado en la empresa.
<b>COMPONENTES</b>	1.2) Realizar un diagnóstico del proceso de producción en las empresas de la manzana 15. 1.3) Educación ambiental (capacitaciones) . 1.4) Áreas potenciales para	Calidad de la información contenida en el diagnóstico.  Eficiencia del sistema de captación de agua lluvia.  Eficacia del sistema de	Realizar un seguimiento del proyecto por medio de un análisis histórico y presente contenido en un registro.	Empleados y funcionarios tomaran conciencia y entenderán lo importante que es el uso de alternativas sostenibles.

	la captación del agua lluvia 1.5) Formulación del sistema de captación de agua lluvia	tratamiento.  Calidad de la educación ambiental impartida en la empresa		
<b>ACTIVIDADES</b>	1.1) Revisión bibliográfica 1.2) Exposición del proyecto con las empresas que conforman la manzana 15. 1.3) Analizar el diseño de la estructura 1.4) Tomar fotografías a la infraestructura 1.5) Establecer las posibles zonas donde se va a captar el agua lluvia 1.6) Formular un diseño del prototipo del sistema de	1.1) Utilidad y calidad de la información contenida en los documentos de revisión bibliográfica  1.2) Utilidad de la inducción realizada en los procesos de la empresa  1.3) Utilidad de la Información recaudada en las visitas de campo.	Realizar visitas a las empresas, datos estadísticos.	Información recopilada representativa del problema. Opiniones y puntos de vista de los representantes de las empresas.

	captación de aguas lluvias			
--	----------------------------------	--	--	--

Fuente: Elaboración propia

#### **9.4 GESTION AMBIENTAL EN LA ZONA FRANCA**

Con la creación del Departamento de Gestión Ambiental en el año 2008, se busca no solo realizar el seguimiento y evaluación de los impactos ambientales de la operación, sino realizar procesos de sensibilización y promoción de prácticas ambientales a las 214 empresas certificadas y realizar un programa de aprovechamiento de residuos sólidos con separación desde la fuente, beneficiando a las empresas usuarias del parque empresarial, los colaboradores de Zona Franca y algunos líderes comunitarios de los barrios aledaños quienes pueden promover prácticas ambientales en sus barrios.

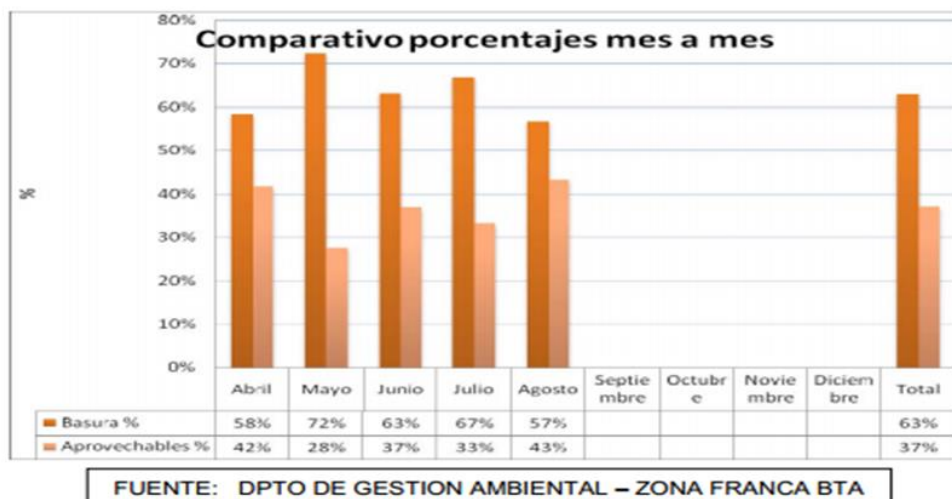
Luego de los procesos de sensibilización y formación realizados por el Departamento de Gestión Ambiental, se ha logrado aumentar el número de toneladas de residuos sólidos aprovechables que la Zona Franca Bogotá ha reciclado en el presente año.

La Zona Franca de Bogotá, reforestó y preserva la franja del Meandro Say (Humedal formado por cauce cerrado del río Bogotá), con la que limita, beneficiando a toda la población aledaña con la recuperación de uno de los principales pulmones de la localidad. Sembró al interior del parque empresarial 300 árboles de especies nativas y amplias áreas de jardines y zonas verdes.

En cuanto al manejo de aguas, la Zona Franca cuenta con una planta de tratamiento de aguas residuales, debidamente autorizada por la autoridad ambiental, contenida en la Licencia Ambiental para la Zona Franca de Bogotá expedida mediante resolución N. 1735 del 14 de septiembre de 1.995 y vigente a la fecha, que brinda un servicio a las 214 empresas industriales y comerciales que funcionan al interior del parque, de igual forma, según los reportes de las autoridades ambientales la calidad de agua tratada en la planta de tratamiento es muy buena, se está evaluando la posibilidad de aprovecharla para ayudar en el proceso de recuperación de los humedales cercanos.<sup>32</sup>

**Grafica N° 18. Aprovechamiento de residuos solidos**

- **Aprovechamiento de los residuos sólidos:**



#### **9.4.1 LINEA BASE O INVENTARIO AMBIENTAL:**

##### **9.4.1.1 DESCRIPCION FISICA**

La Zona Franca de Bogotá S.A. es una organización que promueve, opera y administra zonas francas, propias o de terceros, y presta servicios en forma confiable, ágil, oportuna, con altos estándares de seguridad, calidad y tecnología, lo que genera valor a sus clientes, empleados y accionistas, en armonía con el medio ambiente y la comunidad. Así mismo, impulsa el comercio exterior y el desarrollo empresarial en Colombia y en la región.

La Zona Franca de Bogotá fue creada para potenciar la competitividad de las empresas en un entorno laboral que combina una moderna infraestructura con amplias zonas verdes, calidad de servicios de apoyo y la flexibilidad necesaria para brindar soluciones en el mercado global. Tanto en el acceso como dentro del parque empresarial, las empresas encuentran todas las disposiciones necesarias para garantizarles seguridad integral y facilidad de maniobra. Vías internas amplias, transporte interno, zonas verdes, 30.000 árboles nativos y un parque metropolitano, lo cual hace de este lugar el más cómodo espacio para el desarrollo de los negocios. Zona Franca Bogotá también cuenta con redes subterráneas de fibra óptica, telecomunicaciones, gas, transmisión de energía y servicios complementarios, para apoyar el crecimiento empresarial. Servicio de Seguridad Perimetral<sup>32</sup>:

La Zona Franca de Bogotá, cuenta con modernos y sofisticados equipos electrónicos, diseñados para cumplir con las siguientes funciones:

- Vigilancia Perimetral: La Zona Franca de Bogotá, está rodeada en todo su perímetro por un corredor de 5 metros de ancho, constituido por un doble cerramiento en malla a una altura de 2.20 metros, apoyado por un sistema de circuito cerrado de televisión de lectores de movimientos y mallas electrificadas. Seguridad perimetral y al interior del parque , con CCTV 24x7x365 días □ 85 cámaras
- Control de Accesos: Para el ingreso de los trabajadores y visitantes se dispone de un sistema de control de accesos mediante la utilización de carnets con sistema de aproximación, molinetes, talanqueras y software de control monitoreado desde la central de seguridad. Control de acceso vehicular a personas y paquetes iluminación permanente 24x7x365 días.
- Estación de Monitoreo: Todos los equipos de apoyo están conectados a una estación central de monitoreo, la cual opera 24 horas del día, brindando garantía de seguridad a los usuarios de la zona franca. Central de monitoreo de alarmas, donde se vigilan las alarmas de cada una de las bodegas y se atienden emergencias con el cuerpo de seguridad propio del parque.
- Equipo de Seguridad Física: Está conformado por un grupo de guardas de seguridad, auxiliares y operadores de equipos, contratados directamente por la copropiedad.
- Prevención de Emergencias: La Zona Franca de Bogotá dispone de un carro de bomberos, de una red de hidrantes y de una brigada de emergencias, conformada por representantes de todos los usuarios, que permiten garantizar una respuesta efectiva e inmediata.
- Energía  
Redundancia de Energía

1. Doble anillo de abastecimiento □ 13.8 kVA y a 34.5 kVA
2. Capacidad actual de abastecimiento en el anillo de 13.8 Kva y a 15 MVA
3. En 2010, la capacidad de abastecimiento en el anillo de 34.5kVA y a 15 MVA
4. 2 plantas de emergencia (450 kVA c/u) para áreas comunes, alumbrado público y seguridad.

#### Comunicaciones

##### Redundancia en Conectividad

1. 8 operadores de internet: Claro, ETB, Telefónica Telecom, UNE EPM, Diveo, Columbus (skyonline), Bt Latam, Global Crossing
2. Conexión Satelital, Fibra óptica con protocolo IP y Tecnología inalámbrica<sup>32</sup>

---

<sup>32</sup>Zona Franca de Bogotá. Información Organización Local. Colombia. [En línea]. [20 de marzo 2014] disponible en: ([http://gestionycalidad.org/observatorio/contenido/resenia\\_og/37.pdf](http://gestionycalidad.org/observatorio/contenido/resenia_og/37.pdf))

#### **9.4.1.2 DESCRIPCION BIOLOGICA:**

##### **9.4.1.2.1 Uso del suelo**

“La Zona Franca propiamente dicha se desarrolla en una extensión de 68 hectáreas para la localización de empresas manufactureras y de servicios. Algo más de la mitad del área total se destina a zonas verdes, vías, aislamientos y zonas de parqueo”<sup>33</sup>

“La Zona Franca ofrece para arriendo o venta, lotes a partir de los 2.340 M2. Para el control de su seguridad y vigilancia cuenta con un sistema de protección perimetral de alta seguridad con transmisores, equipos electrónicos, sensores infrarojos y circuito cerrado de televisión de visión nocturna”<sup>33</sup>

“Para su autoabastecimiento cuenta con suministro de energía a 13.8 kv, para atender las necesidades de los usuarios, según el tipo de industria. También posee una central telefónica con 3000 líneas y red de fibra óptica, con salida internacional. Tiene también un sistema de vías internas de 10 m de ancho en pavimento, diseñadas para carga pesada. Se instaló una red interna de gas natural y planta propia de tratamiento de agua potable con capacidad suficiente para atender las necesidades de la zona franca”<sup>33</sup>

“En el mismo territorio se encuentra ubicado el Meandro del Say (lleva su nombre por la hacienda el Say que se encuentra en su interior, cuya principal actividad económica es la agricultura); limita al Nor-orienté con la Avenida Centenario, al occidente y sur-orienté con el Río Bogotá y la Zona Franca. Se genera en un meandro de la madre vieja o cauce abandonado, creado por la rectificación del Río Bogotá en 1986 y tiene una extensión aproximada de 80 hectáreas, los pantanos que quedaron atrapados generaron vegetación propia del ecosistema de humedal y se ha ido poblando de fauna asociada. Al igual que los demás humedales, de acuerdo al POT su uso principal es la restauración y preservación, con la construcción de la zona Franca donde se sembraron nuevos árboles, se favoreció la franja oriental del meandro”<sup>33</sup>

---

<sup>33</sup>Alcaldía de Bogotá. Fontibón. Colombia. [En línea]. [24 de abril 2014] disponible en: ([http://gestionycalidad.org/observatorio/?bloque=contenido&id=66&id\\_item=65&name=3.%20Aspectos%20Geogr%E1ficos%20de%20la%20Localidad%209](http://gestionycalidad.org/observatorio/?bloque=contenido&id=66&id_item=65&name=3.%20Aspectos%20Geogr%E1ficos%20de%20la%20Localidad%209))

#### **9.4.1.2.2 HUMEDAL EMANDRO DEL SAY:**

##### **9.4.1.2.2.1 Fauna**

“El componente faunístico no es muy abundante con respecto a los otros humedales, por ser un área aislada del río artificialmente. Determinada en épocas recientes. Se concentra la mayor cantidad de especies en las áreas que aún mantienen alguna cobertura vegetal o espejo de agua. El meandro tiene en la actualidad como principales representantes a las aves con 22 especies, mamíferos con 3 especies, reptiles, anfibios con una especie respectivamente. Los juncuales del meandro del Say mantienen especies de aves como monjita *Agelaius icterocephalus bogotensis*, caica *Gallinago nobilis*, el gavilán maromero *Elanus caeruleus*, tingua pico rojo *Gallinula chloropus*, garza real *Ardea alba*, cerrojillos *Dendroica fusca*, atrapamoscas *Contopus virens*, vireo *Vireo sp* y bobitos *Coccyzus americanus*, mientras que en sectores cubiertos de espejo de agua también se han registrado especies migratorias representadas en este humedal por los chorlos playeros *Tringa sp*”<sup>34</sup>

##### **9.4.1.2.2.1.2 Flora**

###### **Comunidades acuáticas**

“Entre las comunidades acuáticas dominan las praderas de junco *Scirpus californicus* y enea o espadaña *Typha sp.* En la porción occidental del meandro. Se presentan parches de vegetación emergente enraizada dominada por botoncillo *Bidens laevis* y en otros sectores se encuentra una comunidad dominada por especies como sombrilla y lenteja de agua”<sup>34</sup>

“En el sector sur occidental también se encuentran especies de tipo herbáceo emergente donde se destaca la presencia de la cotula *Cotula coronopifolia*. Además en los dos brazos de meandro, se encuentra un área con nivel freático alto frecuentemente utilizada como zona de cultivos, (principalmente maíz) cubierta de pastos *Pennisetum clandestinum* y *Holcus lanatus* y por algunas especies de barbasco *Polygonum sp.* Colindando con el área descrita, se encuentra una zona dominada por gualola *Polygonum seguetum* (Schmidt – Mumm, 1998; EAAB& CIC, 2000)”<sup>34</sup>

---

<sup>34</sup>Acueducto de Bogotá. Humedal Meandro del Say. Colombia. [En línea]. [17 de mayo 2014] disponible en: ([http://portel.bogota.gov.co/mad/info\\_sitio.php?id\\_sitio=26015](http://portel.bogota.gov.co/mad/info_sitio.php?id_sitio=26015))



#### **9.4.1.2.2.1.3 Comunidades terrestres**

“La vegetación de la ronda y de los predios continuos al humedal, está casi en su totalidad conformada por especies introducidas como eucaliptos *Eucalyptus* sp y acacias *Acacia* sp.”<sup>34</sup>

#### **9.4.2 DEMANDA AMBIENTAL:**

El proyecto consiste en diseñar un sistema de captación de aguas lluvias para las empresas de la manzana 15 en la zona franca de Bogotá, el principal recurso y el cual está directamente involucrado con el proyecto es el agua, la cual se utilizara para disminuir los costos de consumo de agua en las empresas.

Como sabemos en la ciudad de Bogotá las precipitaciones son bastante altas, llueve en una gran parte del año y es de alta viabilidad ambiental la utilización de este recurso que puede traer bastantes beneficios.

La zona franca se encuentra justo al lado del humedal Meandro del say, el cual por naturaleza es buen receptor y administrador de agua y por otro lado limita con el rio Bogotá. Debido a que los humedales son áreas protegidas y el rio Bogotá es bastante contaminado no puede hacerse uso de esas aguas para los procesos industriales o uso sanitario.

Para nuestro caso específico no habría mayor influencia en cuanto a recursos afectados se refiere, pues se obtendrá una demanda de agua que no es aprovechable sino para el suelo y pues debido a que no son grandes cantidades las que se van a captar mensualmente no se verá afectado, ni tampoco a la vegetación que se encuentra alrededor pues ellas no solamente son regadas con agua lluvia sino también con agua potable para su cuidado.

#### **9.4.3 EVALUACIÓN DE IMPACTO AMBIENTAL:**

**Tabla 66. Método de Leopold**

Actuaciones Propuestas			Prototipo del sistema			Instalación del sistema				Ejecución				
			Formulación	Presentación	Viabilidad económica y ambiental	Modificación del techo	Modificación del sistema de drenaje	Captación	Recolección y conducción	Filtración y almacenamiento	Seguimiento y monitoreo	Distribución y uso		
Característica	Componente	Elemento												
Características físicas y químicas	Agua	Calidad del agua superficial	0/8	0/0	0/8	0/5	3/9	5/8	5/9	9/9	10/7	8/8	40/71	88/141
		Cantidad	5/5	2/4	8/8	9/7	6/9	3/8	3/8	3/7	4/8	5/6	48/70	
	Procesos	Tratamiento	0/5	0/6	5/9	3/9	4/3	0/1	0/2	5/8	5/8	7/9	29/60	29/60
Factores culturales	Intereses estéticos y humanos	Políticas de uso	9/8	8/7	6/5	9/8	7/6	6/6	6/6	7/8	8/7	7/6	73/67	110/115
		Socio-económico	7/8	8/7	7/6	9/8	1/4	2/3	3/2	3/4	3/2	2/4	45/48	
Magnitud / Importancia o gravedad			21/34	18/24	26/36	30/37	21/31	16/26	17/27	27/36	30/32	29/33		
			65/94			84/121				66/101				

Fuente: Elaboración propia

#### **9.4.3.1 Análisis de matriz de Leopold**

Como se puede observar anteriormente en la matriz de Leopold la suma de las celdas por filas indica las incidencias de todas las actuaciones propuestas en el diseño, la instalación y la ejecución, la importancia es más alta que la magnitud debido a que el proyecto solo genera impactos positivos.

Y por último la suma de las celdas por columnas da como resultado una valoración relativa baja en cuanto a magnitud y alta en cuanto a importancia de cada elemento y característica ambiental. Por consiguiente otro análisis importante del proyecto con el que se puede concluir que el diseño del sistema de captación de agua lluvia para la manzana 15 en la Zona Franca de Bogotá es viable para su implementación.

### **9.4.4 EVALUACIÓN DE ALTERNATIVAS:**

#### **9.4.4.1 Planteamiento de alternativas**

##### **9.4.4.1.2 Problemas**

- Uso inadecuado del recurso hídrico
- Se presentan inundaciones debido al deficiente sistema de drenaje, lo cual trae como consecuencia que tanto las máquinas como los bienes de la empresas estén vulnerables a dañarse debido a esto se generarían más costos.
- Altos costos por la demanda del recurso hídrico
- Falta de concientización y políticas de un manejo racional del recurso hídrico

##### **9.4.4.1.3 Alternativas**

- Mejorar el sistema de drenaje
- Políticas y metodologías para un uso eficiente y racional del recurso hídrico
- Tratamiento biológico del agua para recirculación

#### 9.4.5 Cuadro de alternativas

Tabla 67. Cuadro de alternativas

Alternativa	Beneficio ambiental
<b>Sistema de drenaje</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Disminución del volumen de agua en época de lluvia.</li> <li>- Reducción de vectores debido al empozamiento del agua.</li> <li>- Disminución de la vulnerabilidad de los bienes de las empresas</li> </ul>
<b>Políticas y metodologías</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Reducción de costos económicos por manejo inadecuado del recurso hídrico</li> <li>- Aumento en el nivel de la cultura y educación ambiental.</li> </ul>
<b>Tratamiento biológico</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Mejor aprovechamiento del recurso hídrico.</li> <li>- Reutilización del recurso hídrico</li> <li>- Mejoramiento de la calidad del agua para su recirculación.</li> </ul>

Fuente: elaboración propia

#### 8.4.4.7 SEGUIMIENTO Y MONITOREO:

En este proyecto es recomendable formular una estrategia de seguimiento y monitoreo si se llegara a dar su implementación ya que se hace necesario garantizar el buen funcionamiento del sistema de captación de aguas lluvias; si se cumple de manera eficiente con las condiciones de operación se obtendrán datos válidos para asegurar que lo establecido en la propuesta es cumplido integrando el aspecto técnico, económico, financiero y ambiental.

Es importante ver que al cumplir con los objetivos se garantiza la reducción de costos y el aumento de ingresos así como lo podemos ver en el flujo de fondos. Por otro lado se plantea tener un supervisor quien se encargue del mantenimiento y adecuado funcionamiento tanto del sistema externo como interno, es decir, captación, sistema de recolección, almacenamiento y sistema de tratamiento básico planteado en el desarrollo del proyecto.

Finalmente cabe destacar que no es necesaria la presencia constante de este operario, pero si la visita diaria específicamente para la revisión del sistema de tratamiento.

## 10. CONCLUSIONES

- De acuerdo con los resultados obtenidos para todas las empresas (anexo N° 1 y 2) en la manzana 15 de la Zona Franca de Bogotá se puede concluir que al proyecto se le logró darle cumplimiento al objetivo general y a los objetivos específicos, por lo tanto es técnicamente viable para hacer un uso eficiente del agua lluvia dentro de la empresa, pues con la precipitación de la zona y el espacio disponible, se logra abastecer la demanda de agua completamente, pero, la inversión inicial es muy alta (Tabla 50 a 62), por lo que no logra ser un sistema de bajo costo, lo que puede volverlo inaccesible si no se cuenta con la adecuada financiación para desarrollar el proyecto.
- Es importante tener en cuenta que el sistema de captación de agua lluvia fue diseñado especialmente para las condiciones hidrológicas presentadas en los cálculos de cada empresa (tablas), en las cuales se especifican las precipitaciones correspondientes al periodo de diseño seleccionado (20 años), por lo tanto, el diseño puede cambiar si las condiciones no son parecidas a las presentadas en el proyecto y el volumen de los tanques de almacenamiento captado puede disminuir o aumentar todo depende de ese tipo de factores.
- Según los datos obtenidos de precipitación por medio del método de las isoyetas y por el programa de SIG se logró obtener las precipitaciones promedio de la lluvia media mensuales en un periodo de 10 años del 2003 al 2013 donde en el mes de abril dio la mayor precipitación de 112,3 mm y en el mes de enero una precipitación menor de 22 mm.
- De acuerdo con los resultados obtenidos mediante el uso del sistema de captación de agua lluvia para la manzana 15 se podría recolectar un volumen total de agua de 1824 m<sup>3</sup>/año y al compararlo con el volumen total de las 4 lagunas que es 67732 m<sup>3</sup>/año estaría disminuyendo en un 3% el volumen que es enviado a las lagunas en 1 año, por lo cual se podría pensar que si el sistema es implementado en toda la zona franca se reduciría el volumen almacenado en un 46%.
- Según los resultados obtenidos en los flujos de fondos de las empresas, se puede concluir que es posible recuperar la inversión en un corto periodo de tiempo relativamente ya que en casi todas se recupera la inversión antes de la mitad del tiempo de vida útil del proyecto, como se puede observar en la empresa Compumax que para la implementación del sistema se tendría que hacer una inversión inicial de \$15,018,384 la cual se estaría recuperando a partir del año No 7, ya después de este año sería ganancia para la empresa; así mismo sucede en las demás empresas con un

promedio de recuperación de inversión a partir del año 7 logrando que el proyecto sea rentable para un ahorro significativo de agua.

- De acuerdo con los resultados obtenidos en el análisis ambiental (Tabla 66) se puede concluir que el proyecto es totalmente viable para su implementación debido a que la evaluación de impacto realizada demuestra que el proyecto no genera ningún impacto negativo hacia el medio ambiente, en caso contrario trae bastantes beneficios, como por ejemplo la reducción del nivel de agua de las lagunas lo cual evita futuras inundaciones a las empresas, también trae ganancias a las empresas y se crea un alto nivel de conciencia por el aprovechamiento de un recurso tan vital como lo es el agua.
- Debido a que el proyecto está basado solo en la ingeniería conceptual de un sistema de captación de aguas lluvias, no se tiene un nivel de detalle de construcción e instalación del sistema, por lo que para su implementación se deben realizar levantamientos en campo para la cuantificación exacta de los componentes del sistema de captación y su ubicación.
- Finalmente se puede concluir que si este sistema se llegará a implementar se lograría contribuir al uso de tecnologías limpias fomentando un desarrollo sostenible, con el fin de ayudar a la creación del PIE (Parque Industrial Ecoeficiente) donde las empresas mejoraran su imagen, aumentarán el número de clientes, demostrando así que el parque es una alternativa confiable para acceder a productos y servicios de calidad.

## **11. RECOMENDACIONES**

- Debido a que este trabajo es un proyecto piloto que inicio en la manzana 15 de la Zona Franca de Bogotá se recomienda que se utilice el trabajo para realizar un diseño de todas las manzanas en la Zona Franca para poder evaluar una posible implementación del sistema que no solo traerá beneficios económicos sino beneficios ambientales.
- Se recomienda formalizar un convenio entre la Universidad Libre y la Zona Franca de Bogotá para poder estimular la implementación de futuros proyectos en el ámbito de un desarrollo sostenible.
- Finalmente se recomienda fomentar más el uso de tecnologías limpias en nuestro país, ya que es nuestro deber como ingenieros ambientales velar por la durabilidad de los recursos naturales y debido a que el proyecto requiere un costo inicial alto, si nosotros como ingenieros motivamos al uso de esta tecnología será menos costosa en un futuro, ya que entre más se utilice esta alternativa el costo disminuiría considerablemente al punto de que quedaría a la mano hasta del empresario con más bajos ingresos.

## 12. BIBLIOGRAFÍA

BALLÉN SUÁREZ, José Alejandro, GALARZA GARCÍA, Miguel Ángel, ORTIZ MOSQUERA, Rafael Orlando. 2006. HISTORIA DE LOS SISTEMAS DE APROVECHAMIENTO DE AGUA LLUVIA. Seminario Iberoamericano sobre Sistemas de Abastecimiento Urbano de Agua, p. 3

MILAN SOLANO, Pedro. CAPTACION Y APROVECHAMIENTO DE AGUAS GRISES. [En línea]. [21 de noviembre 2013] disponible en: (<http://prezi.com/i6wnnizk9kkg/captacion-de-agua-pluvial-y-aprovechamiento-de-aguas-grises/>).

MEDINA CARRILLO, Rubén, PEÑA CORDERO, Wagner, FÉLIX OBANDO, María. SISTEMAS DE CAPTACION DE AGUA LLUVIA PARA LA PRODUCCION AGROPECUARIA SOSTENIBLE. [En línea]. [Junio 2012] disponible en:(<http://estatico.uned.ac.cr/rna/documents/Revistaadministracion08.pdf>).

PALACIO, Natalia. Propuesta de un sistema de aprovechamiento de agua lluvia, como alternativa para el ahorro de agua potable, en la institución educativa maría auxiliadora de caldas. Antioquia, 2010, Universidad de Antioquia.

VELASQUEZ, José. Captación de agua lluvia en México. Cuernavaca, 2010, Escuela de la ciudad de Cuernavaca.

MENDES, Daniel, HIDALGO Katherine, SPALEK Videlm. Diseño de instalaciones sanitarias para el aula abierta. [En línea]. [18 de julio 2013] disponible en: (<http://www.siamb.did.usb.ve/pdf/ESA%20AGU%20243893934848/ESA%20AGU%2024.pdf>).

Centro Panamericano de Ingeniería Sanitaria. Guía de diseño para captación de agua lluvia. Lima. [En línea]. [9 de Enero 2013] disponible en: (<http://www.aguasinfronteras.org/PDF/AGUA%20DE%20LLUVIA.pdf>).

Ras-2000.reglamento técnico del sector de agua potable y saneamiento básico. Colombia. [En línea]. [26 de mayo de 2014] disponible en: (<http://cra.gov.co/apc-aa/files/37383832666265633962316339623934/4>). Sistemas de acueducto.pdf).

MATERON, Hernán. Obras Hidráulicas Rurales. Edición Número 2. Valle: Editorial Universidad del Valle, 1997. 146-161p.

Viceministerio de ambiente. Política nacional para la gestión integral del recurso hídrico. Colombia. [En línea]. [11 de Marzo 2013] disponible en:

(<http://www.intecol.edu.co/images/subidas/NORMATRABAJOSESCRITOICONTENC.pdf>).

Alcaldía de Bogotá. Decreto 1594 de 1984. Colombia. [En línea]. [11 de Mayo 2013] disponible en: (<http://www.alcaldiabogota.gov.co/sisjur/normas/Norma1.jsp?i=18617>).

Alcaldía de Bogotá. Decreto 3930 de 2010. Colombia. [En línea]. [11 de Mayo 2013] disponible en: (<http://www.alcaldiabogota.gov.co/sisjur/normas/Norma1.jsp?i=40620>).

Alcaldía de Bogotá. Decreto 2811 de 1974. Colombia. [En línea]. [19 de Mayo 2013] disponible en: (<http://www.alcaldiabogota.gov.co/sisjur/normas/Norma1.jsp?i=1551>).

Alcaldía de Bogotá. Ley 373 de 1997. Colombia. [En línea]. [26 de Mayo 2013] disponible en: (<http://www.alcaldiabogota.gov.co/sisjur/normas/Norma1.jsp?i=342>).

Estatuto tributario. Artículo 424. Colombia. [En línea]. [23 de junio 2013] disponible en: (<http://estatuto.co/?o=2>).

Alcaldía de Bogotá. UPZ No 77 Zona Franca. Colombia. [En línea]. [28 de julio 2013] disponible en: ([http://www.gestionycalidad.org/observatorio/?bloque=contenido&id=66&id\\_item=65&id\\_menu=11&name=3.%20Aspectos%20Geogr%C3%83%C6%92%C3%86%E2%80%99%C3%83%E2%80%9A%C3%82%C2%A1ficos%20de%20la%20Localidad%209](http://www.gestionycalidad.org/observatorio/?bloque=contenido&id=66&id_item=65&id_menu=11&name=3.%20Aspectos%20Geogr%C3%83%C6%92%C3%86%E2%80%99%C3%83%E2%80%9A%C3%82%C2%A1ficos%20de%20la%20Localidad%209)).

APARICIO MIJARES. Francisco Javier. Fundamentos de hidrología de superficie: Análisis de los datos de precipitación. México: limusa, 1992. 140p.

HERNANDEZ M., F. Captación de agua lluvia como alternativa para afrontar las escases del recurso. Manual de capacitación para la participación comunitaria.

COMPUMAX. La Empresa. Colombia. [En línea]. [24 de junio 2013] disponible en: (<http://www.compumax.com.co/>).

TMLI. Nuestra Empresa. Colombia. [En línea]. [24 de junio 2013] disponible en: (<http://www.tmli.com.co/Html.aspx?Pagina=50002>)



Despegar. Historia. Colombia. [En línea]. [24 de julio 2013] disponible en: (<http://es.wikipedia.org/wiki/Despegar.com>)

Valmy. Descripción. Colombia. [En línea]. [28 de julio 2013] disponible en: (<http://www.valmy.com/nosotros>)

MAQTEC. Sobre nosotros. Colombia. [En línea]. [15 de agosto 2013] disponible en: (<http://www.maqtec.com.co/>).

EAGLE. Quienes Somos. Colombia. [En línea]. [17 de agosto 2013] disponible en: (<http://www.eaglemx.com/index.php/quienes-somos/>).

DRILL SUPPLY. Resumen. Colombia. [En línea]. [19 de agosto 2013] disponible en: ([http://www.informacion-empresas.co/Empresa\\_COLOMBIA-DRILL-SUPPLY-SAS.html](http://www.informacion-empresas.co/Empresa_COLOMBIA-DRILL-SUPPLY-SAS.html)).

INTERTRADING. Empresa. Colombia. [En línea]. [23 de agosto 2013] disponible en: ([http://www.intertradingzf.com/responsabilidad\\_social.html](http://www.intertradingzf.com/responsabilidad_social.html))

ALMACENES MAXIMO. Nosotros. Colombia. [En línea]. [28 de agosto 2013] disponible en: (<http://www.pepeganga.com/historia>).

DENALI. Somos. Colombia. [En línea]. [10 de septiembre 2013] disponible en: ([http://denalisa.com/es/quienes\\_somos](http://denalisa.com/es/quienes_somos)).

POLIMES. Empresa. Colombia. [En línea]. [20 de septiembre 2013] disponible en: (<http://www.polimes.com/empresa.html>)

BREVIA Amador; BASTIAS Lionel. Normativa general de instalaciones sanitarias y pavimentación. Edición No 3. Santiago: Jurídica de Chile, 1991. 73p.

GERBRANDY. Gerben. HOOGEND. Paul. Aguas y acequias: Los derechos del agua y la gestión campesina de riego en los andes bolivarianos. La paz – Bolivia: Plural editores/Cid, 1998. (23-39) p.

ANAYA Manuel. Sistemas de captación de agua de lluvia para uso doméstico en América latina y el caribe. México: IICA, 1998. (36-60) p.

FRANCOIS G, Briere. Distribución de agua potable y colecta de desagües y de agua lluvia. Montreal: Ecole Polytechnique, 2005. (1-294) p.

RAMOS Raudel; SEPULVEDA Rubén; VILLALOBOS Francisco. El agua en el medio ambiente muestreo y análisis. México: Plaza y Valdez, 2003. (40-45) p.

Zona Franca de Bogotá. Información Organización Local. Colombia. [En línea]. [20 de marzo 2014] disponible en: ([http://gestionycalidad.org/observatorio/contenido/resenia\\_og/37.pdf](http://gestionycalidad.org/observatorio/contenido/resenia_og/37.pdf)).

Alcaldía de Bogotá. Fontibón. Colombia. [En línea]. [24 de abril 2014] disponible en:([http://gestionycalidad.org/observatorio/?bloque=contenido&id=66&id\\_item=65&name=3.%20Aspectos%20Geogr%E1ficos%20de%20la%20Localidad%209](http://gestionycalidad.org/observatorio/?bloque=contenido&id=66&id_item=65&name=3.%20Aspectos%20Geogr%E1ficos%20de%20la%20Localidad%209)).

Acueducto de Bogotá. Humedal Meandro del Say. Colombia. [En línea]. [17 de mayo 2014] disponible en:([http://portel.bogota.gov.co/mad/info\\_sitio.php?id\\_sitio=26015](http://portel.bogota.gov.co/mad/info_sitio.php?id_sitio=26015)).

### 13. ANEXOS

#### Anexo N° 1. Resultados sistema de bombeo

		Componentes													
				Tuberia de impulsión				Tuberia de succión							
Lote	Empresa	Consumo (m3 al mes)	Caudal (m3/s)	Diametro de impulsión (m)	Diametro de impulsión (in)	Velocidad de impulsión (m/s)	Perdidas en la impulsión (m)	Diametro de succión (in)	Diametro de succión (m)	Velocidad de succión (m/s)	Sumergencia (m)	Perdidas en la succión (m)	Cavitación (m)	Altura dinámica total de elevación (m)	Potencia bomba (Hp)
99	Compumax	35	0.0019	0.04	1.5	1.65	5.4	2	0.05	0.92	0.19	1.6	-2.4	24	1
100	TMLI	35	0.0019	0.04	1.5	1.65	5.4	2	0.05	0.92	0.19	1.6	-6.4	28	1.1
101	DIGITEX DESPEGAR	33	0.0018	0.04	1.5	1.65	5.6	2	0.05	0.87	0.19	1.4	-5.3	27	1
102	VALMY	35	0.0019	0.04	1.5	1.65	5.4	2	0.05	0.92	0.20	1.6	-0.4	22	0.9
103	LOTE 103 (Bodega No 1, 2, 3, 4, 5 y 6)	108	0.0058	0.07	2.6	1.65	2.8	3	0.08	1.27	0.27	1.8	-1.7	21	2.6
104	DFICASTAÑEDA GONZALES Y CIA REPREMUNDO	35	0.019	0.04	1.5	1.65	5.4	2	0.05	0.92	0.19	1.6	-7.4	29	1.2
105	CLASICC	35	0.019	0.04	1.5	1.65	5.4	2	0.05	0.92	0.19	1.6	-0.4	22	0.9
106	INTERTRADING	37	0.020	0.04	1.5	1.65	5.2	2	0.05	0.98	0.20	1.8	-5.6	27	1.2
107	ALMACENES MAXIMO (107)	41	0.022	0.04	1.6	1.65	4.9	2	0.05	1.08	0.20	2.1	-7	28	1.3
108	BODEGA VACIA	43	0.023	0.04	1.7	1.65	4.8	2	0.05	1.13	0.21	2.3	-9.2	30	1.5
109	ALMACENES MAXIMO (109)	50	0.027	0.05	1.8	1.65	4.4	2	0.05	1.32	0.21	3.1	-9	30	1.7
110	DENALI	35	0.019	0.04	1.5	1.65	5.4	2	0.05	0.92	0.20	1.6	-1.4	23	0.9
111 - 112	POLIMES	65	0.035	0.05	2	1.65	3.8	2.5	0.06	1.10	0.23	1.7	-2.6	22	1.7

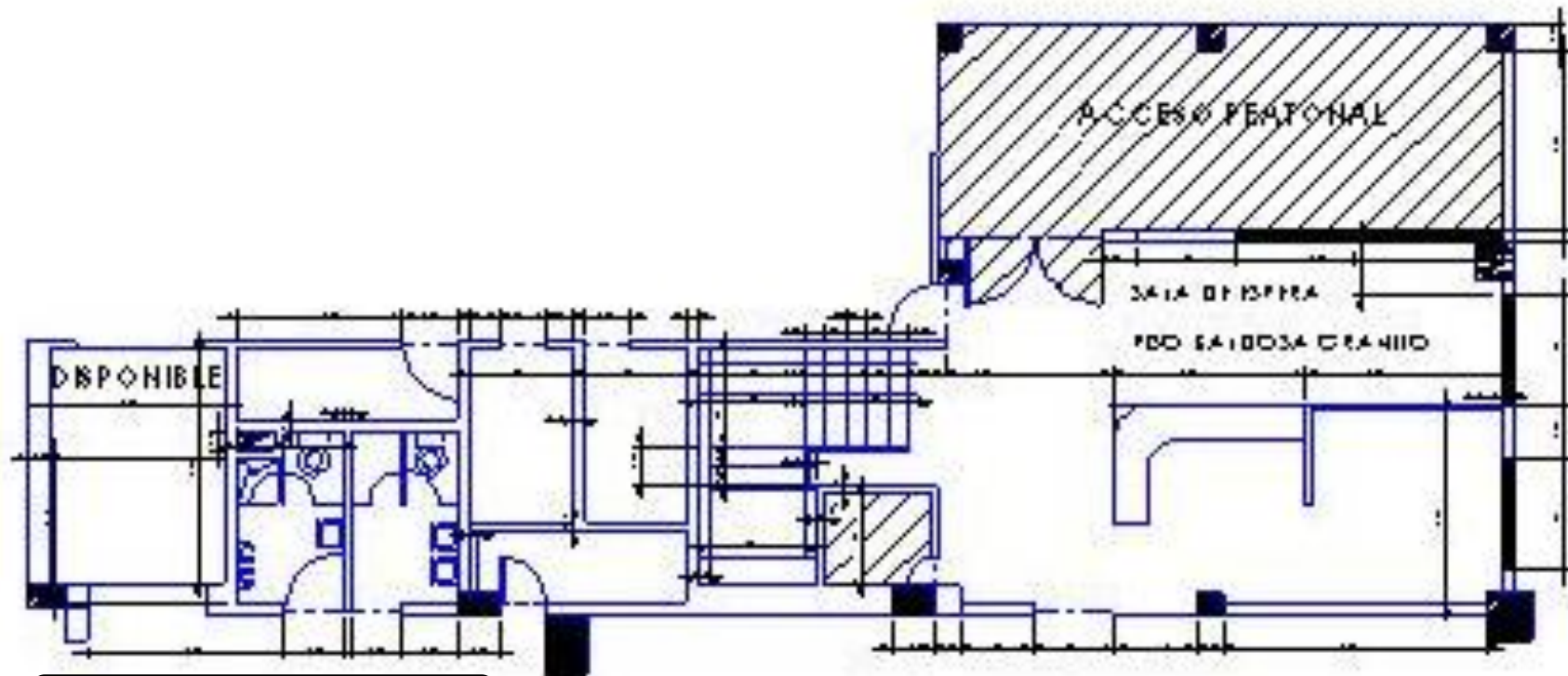
Fuente: Elaboración propia

**Anexo N° 2. Resultados Costo total proyecto para cada empresa**

		Costos del sistema de captación de agua lluvia							
		Captación	Conducción	Sistema de tratamiento	Tanques de almacenamiento	Implementos del sistema	Mano de obra	Maquinaria	Total
Lote	Empresa								
100	TMLI	\$ 2,174,600	\$ 1,353,800	\$ 189,000	\$ 3,313,888	\$ 957,093	\$ 4,400,000	\$ 900,000	\$ 13,315,381
101	DIGITEX DESPEGAR	\$ 2,174,230	\$ 1,353,800	\$ 189,000	\$ 3,650,636	\$ 957,093	\$ 4,400,000	\$ 900,000	\$ 13,652,129
102	VALMY	\$ 2,147,600	\$ 1,353,800	\$ 189,000	\$ 6,087,216	\$ 957,093	\$ 4,400,000	\$ 900,000	\$ 16,088,709
103	LOTE 103 (Bodega No 1, 2, 3, 4 ,5 y 6)	\$ 3,590,750	\$ 4,061,400	\$ 189,000	\$ 14,512,760	\$1,304,993	\$ 4,400,000	\$ 900,000	\$ 24,514,253
104	DFI CASTAÑEDA GONZALES Y CIA REPREMUNDO	\$ 2,171,900	\$ 1,353,800	\$ 189,000	\$ 2,977,140	\$ 957,093	\$ 4,400,000	\$ 900,000	\$ 12,978,633
105	CLASICC	\$ 2,093,600	\$ 1,353,800	\$ 189,000	\$ 6,423,964	\$ 957,093	\$ 4,400,000	\$ 900,000	\$ 16,425,457
106	INTERTRADING	\$ 2,204,300	\$ 1,353,800	\$ 189,000	\$ 3,606,672	\$ 957,093	\$ 4,400,000	\$ 900,000	\$ 13,610,865
107	ALMACENES MAXIMO (107)	\$ 1,835,750	\$ 1,353,800	\$ 189,000	\$ 3,313,888	\$ 957,093	\$ 4,400,000	\$ 900,000	\$ 12,949,531
108	BODEGA VACIA	\$ 2,204,300	\$ 1,353,800	\$ 189,000	\$ 2,418,600	\$ 957,093	\$ 4,400,000	\$ 900,000	\$ 12,422,793
109	ALMACENES MAXIMO (109)	\$ 2,165,960	\$ 1,353,800	\$ 189,000	\$ 2,825,528	\$ 957,093	\$ 4,400,000	\$ 900,000	\$ 12,791,381
110	DENALI	\$ 2,204,840	\$ 1,353,800	\$ 189,000	\$ 5,794,432	\$ 957,093	\$ 4,400,000	\$ 900,000	\$ 15,799,165
111 - 112	POLIMES	\$ 2,937,890	\$ 1,353,800	\$ 189,000	\$ 9,988,876	\$ 957,093	\$ 4,400,000	\$ 900,000	\$ 20,726,659

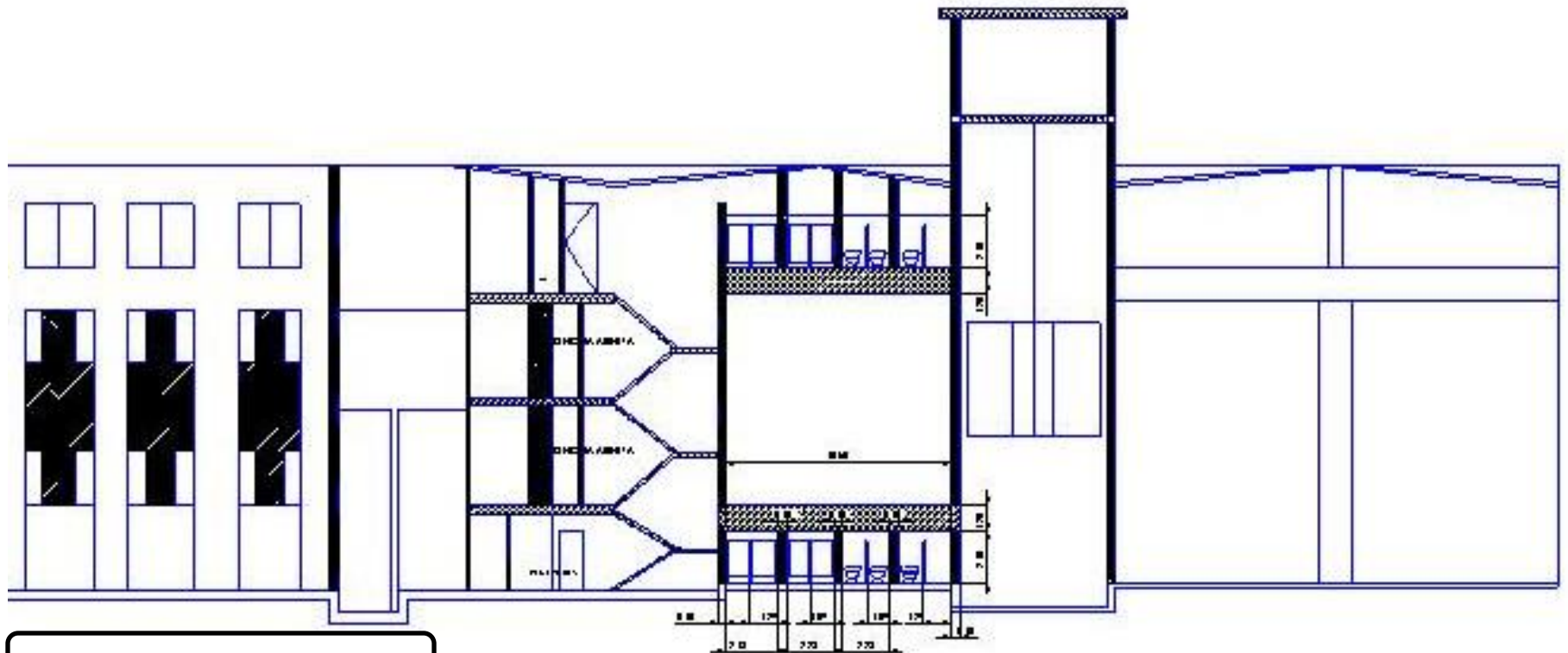
Fuente: Elaboración propia

Anexo N° 3. Plano primer y segundo piso - Empresa Compumax



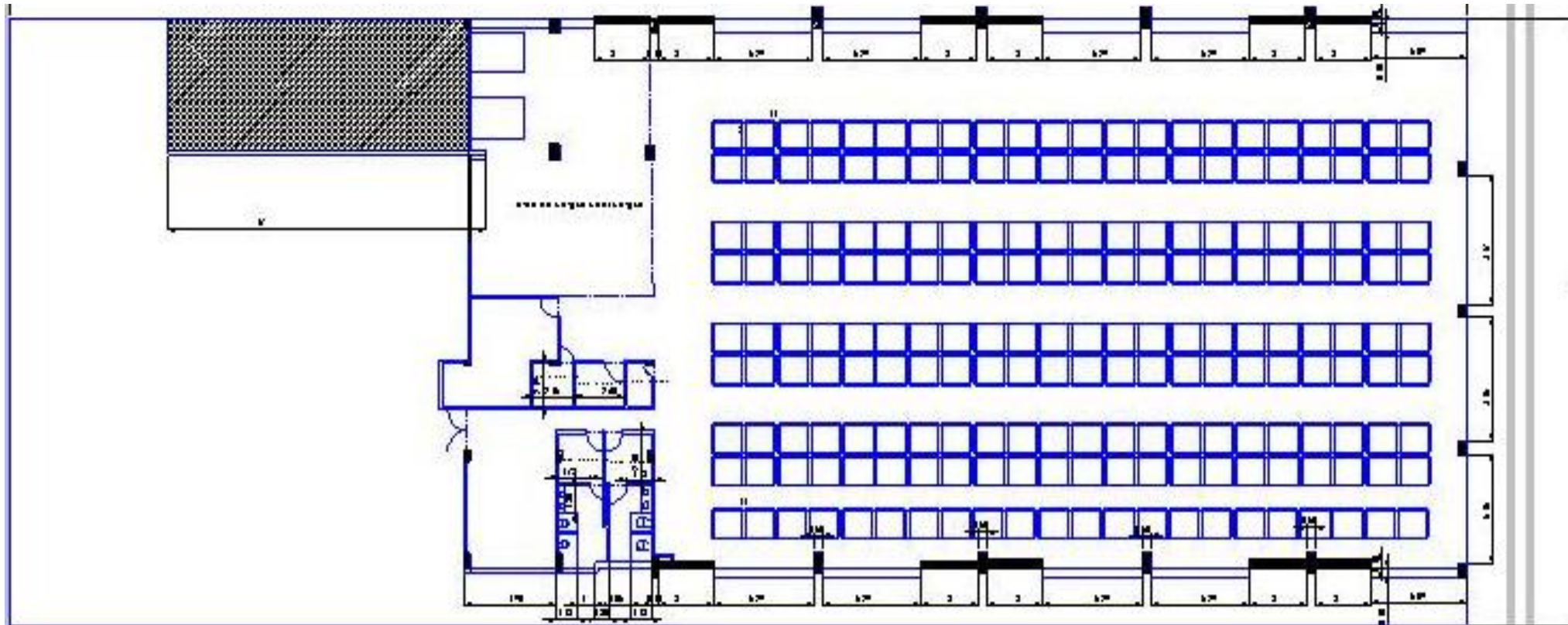
Fuente: Elaboración propia

Anexo N° 4. Plano Corte - Empresa Compumax



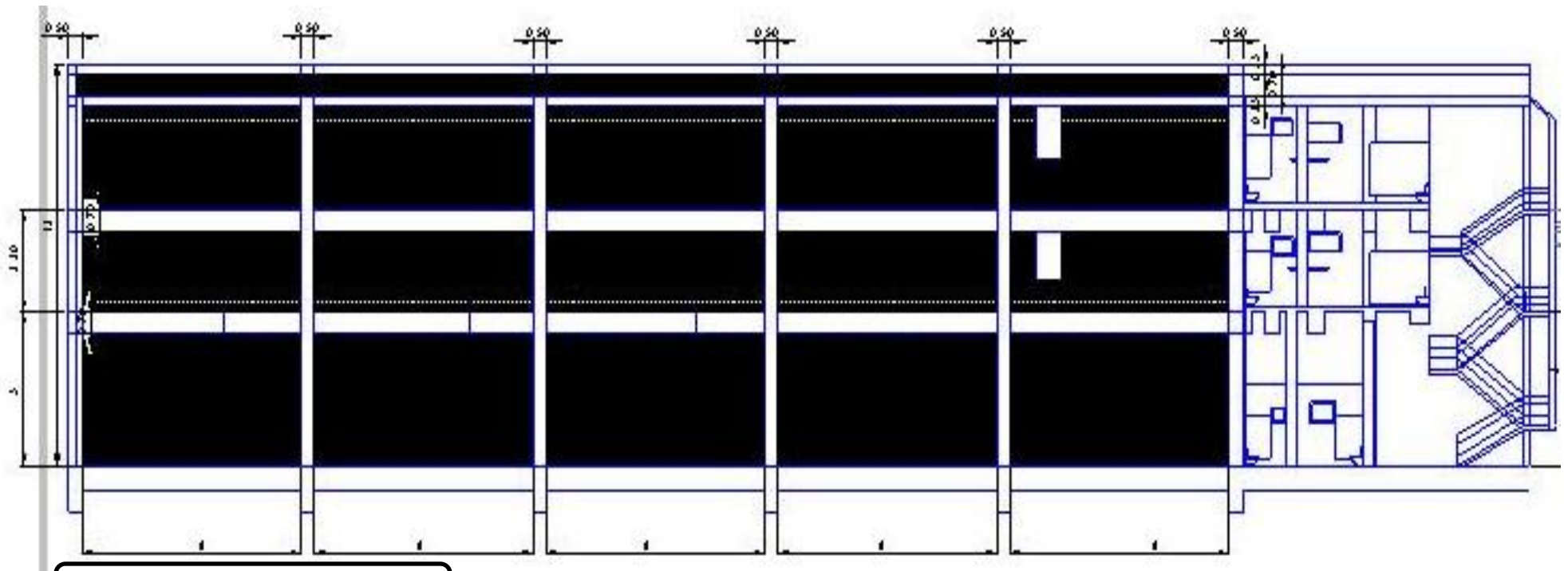
Fuente: Elaboración propia

Anexo N° 5. Plano primer y segundo piso - Empresa Digitex Despegar





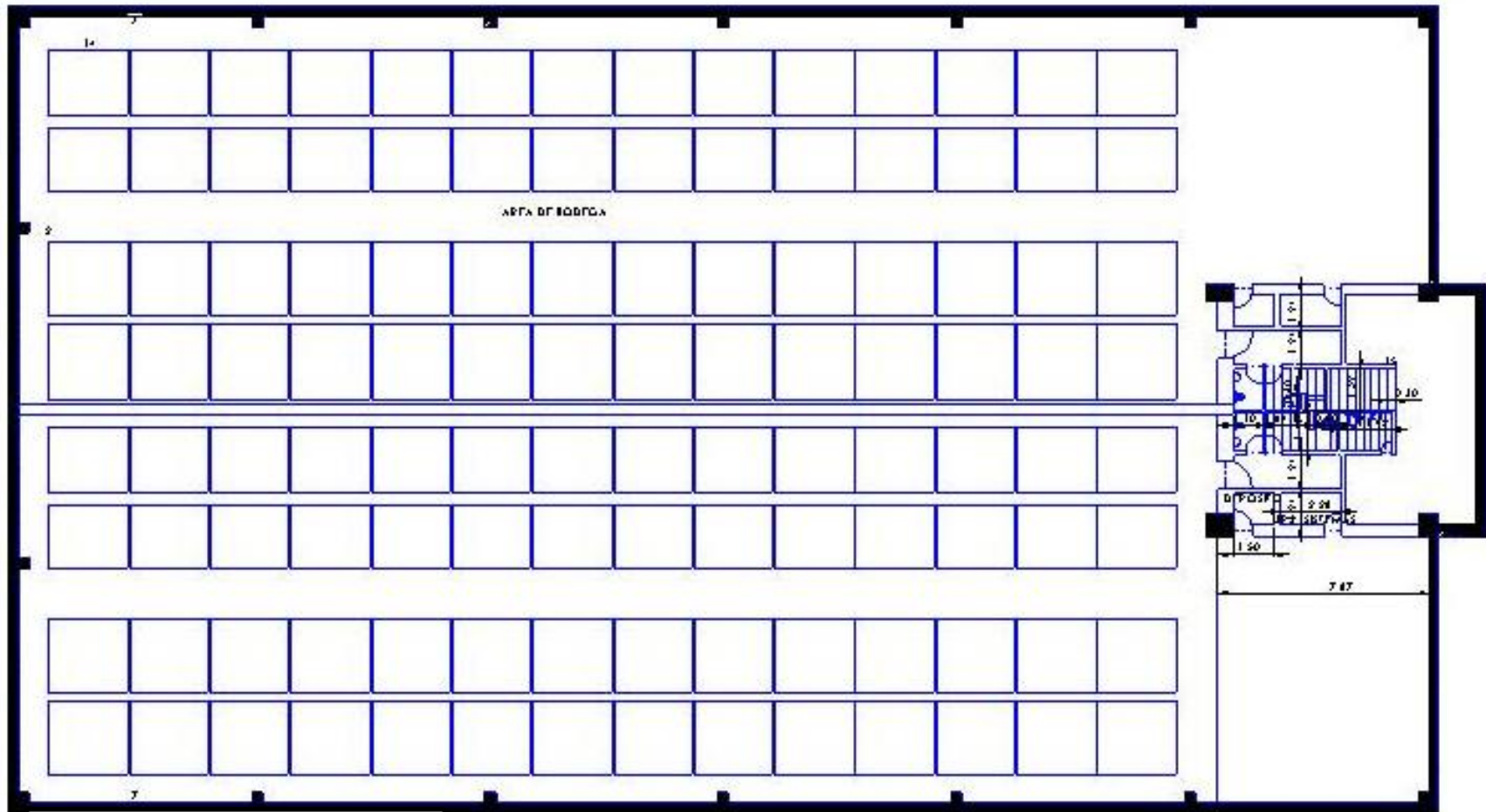
Anexo N° 6. Plano Corte - Empresa Digitex Despegar



Fuente: Elaboración propia

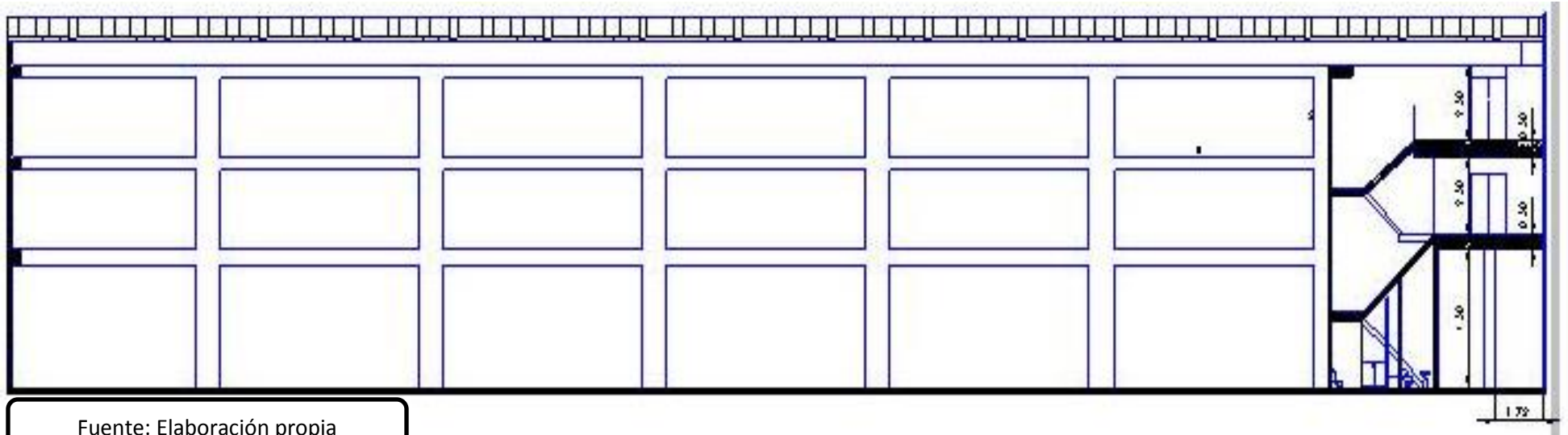


Anexo N° 7. Plano primer y segundo piso - Empresa Valmy

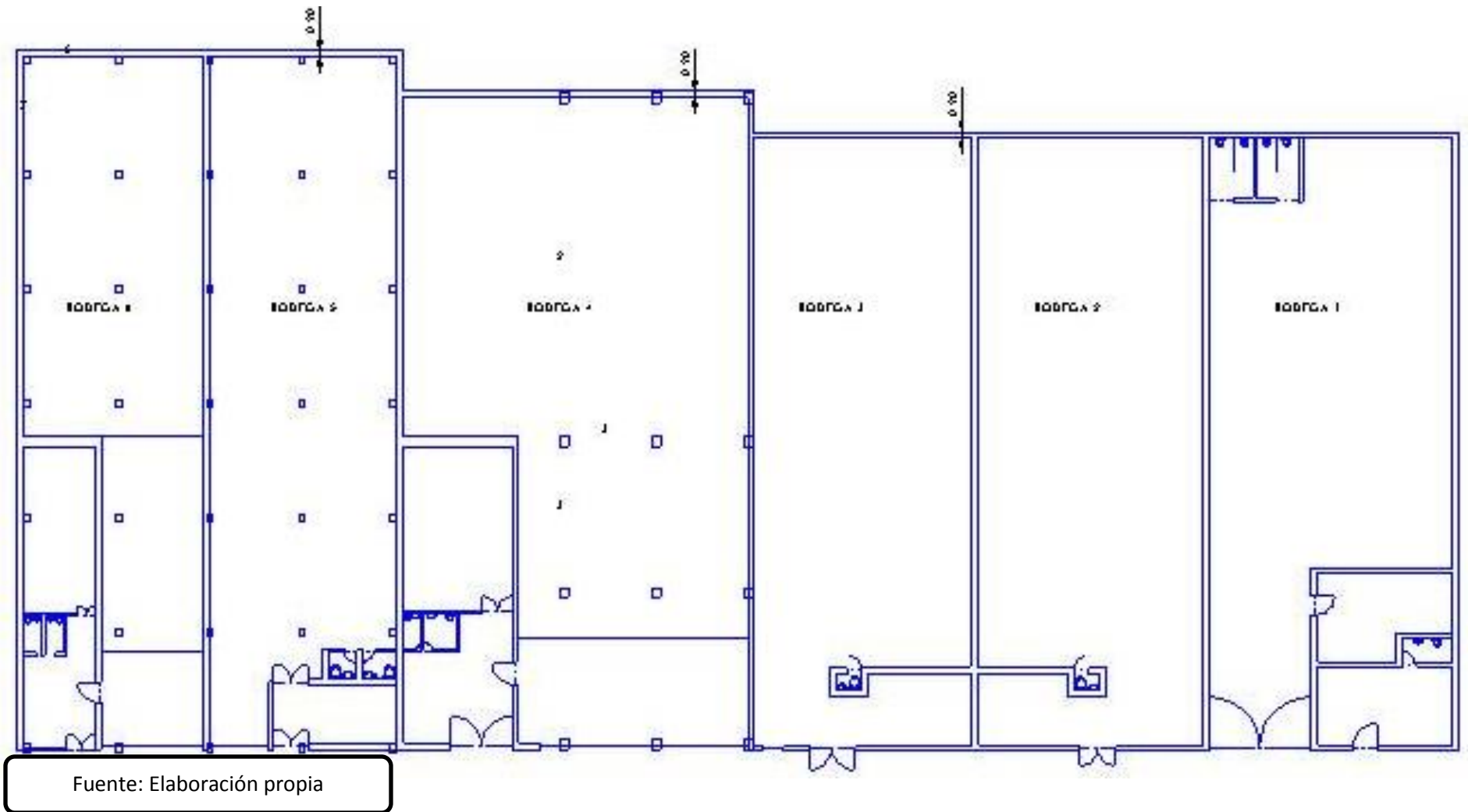


Fuente: Elaboración propia

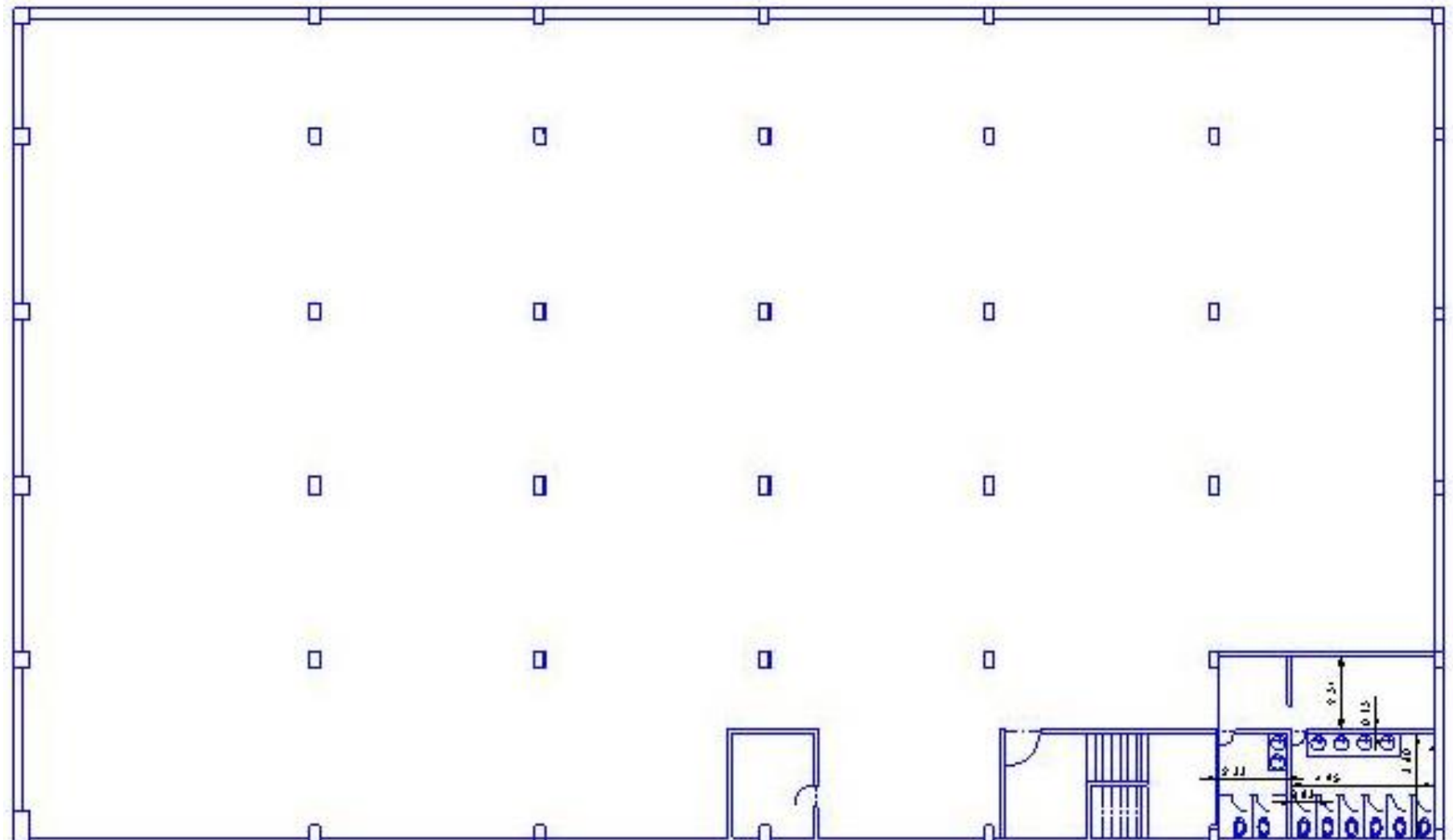
Anexo N° 8. Plano Corte - Empresa Valmy



Anexo N° 9. Plano primer y segundo piso - Lote 103 (bodega 1 a 6)

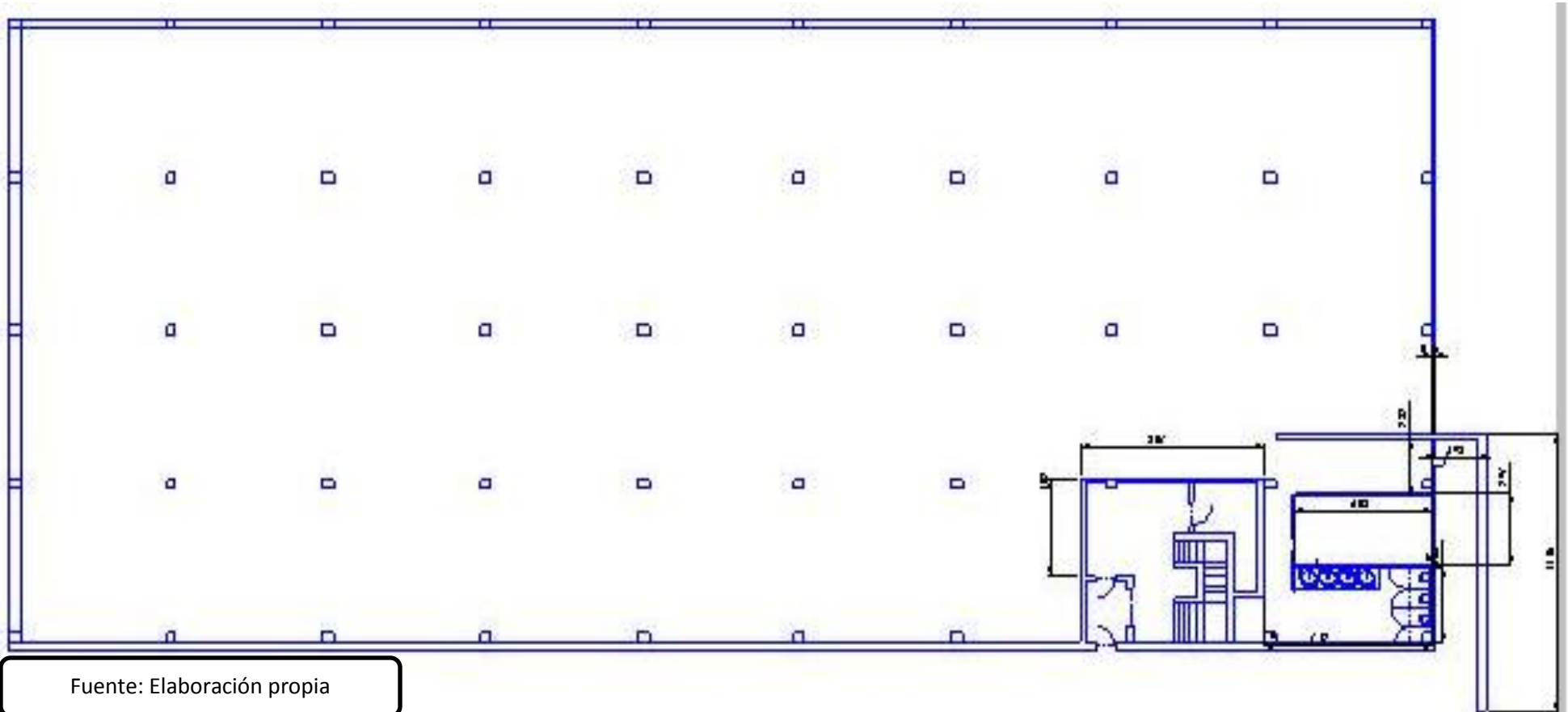


Anexo N° 10. Plano primer y segundo piso - Lote 107 - Almacenes Maximo

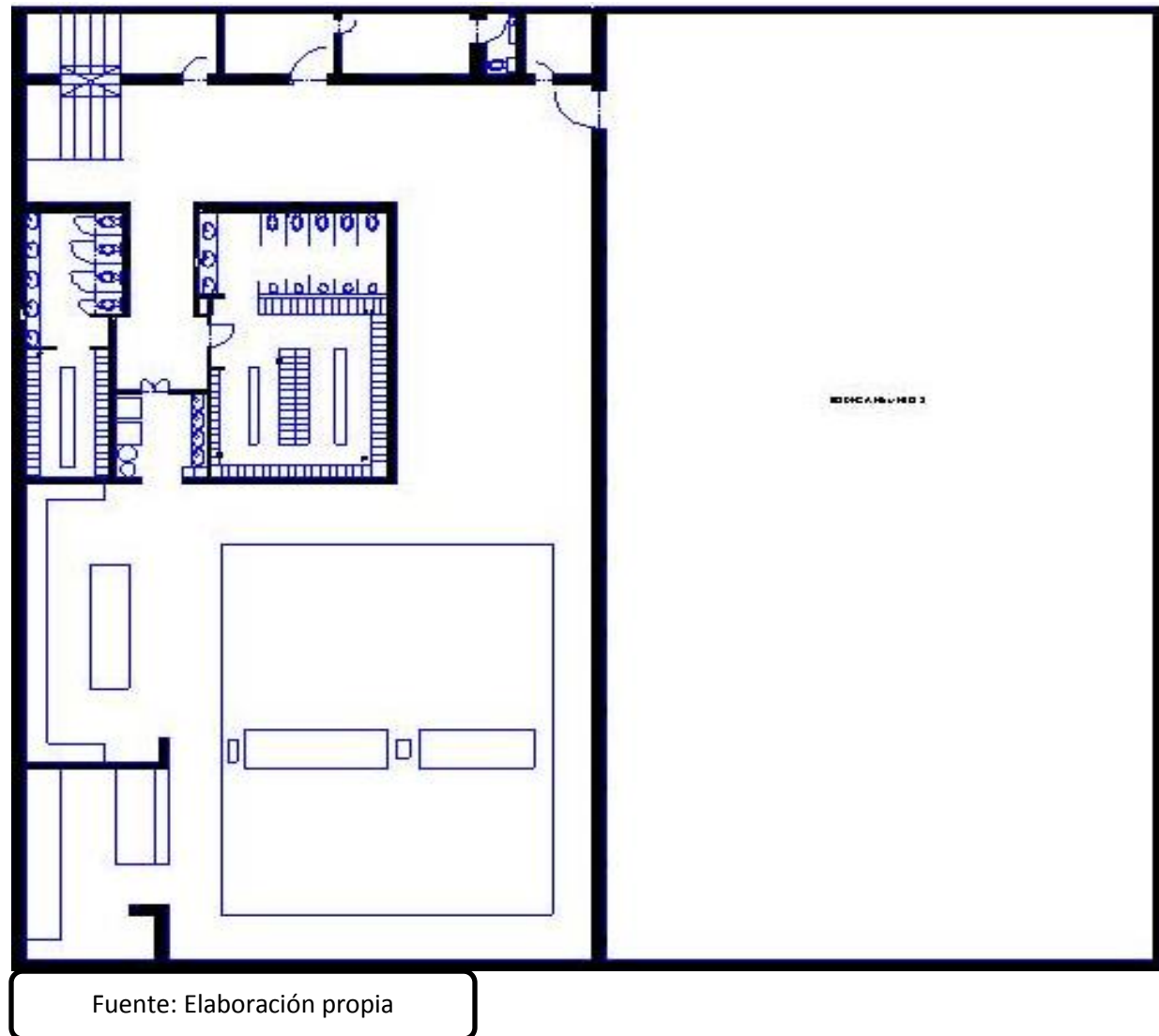


Fuente: Elaboración propia

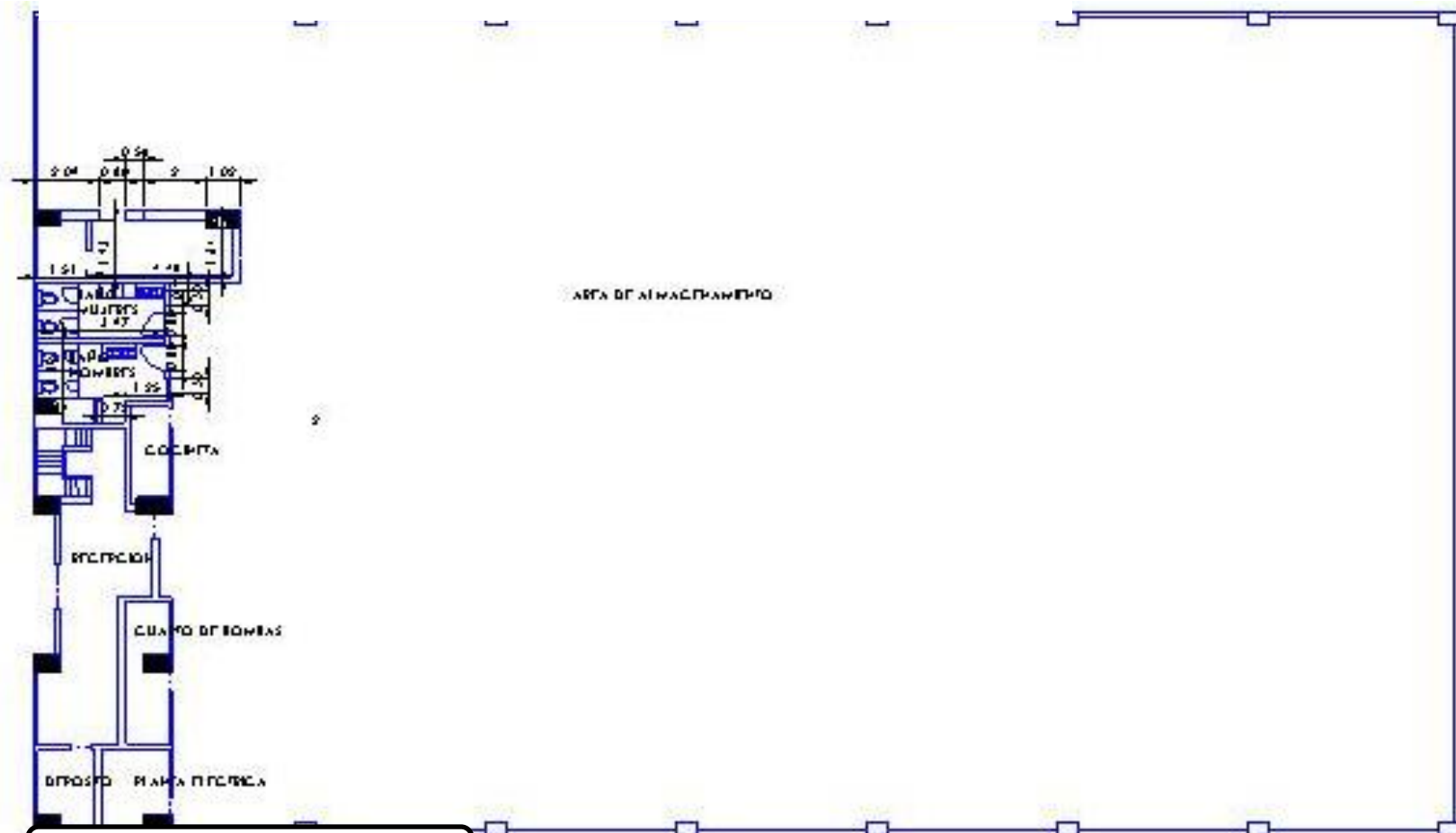
Anexo N° 11. Plano primer piso - Lote 109 - Almacenes máximo



Anexo N° 12. Plano segundo piso - Lote 109 - Almacenes maximo

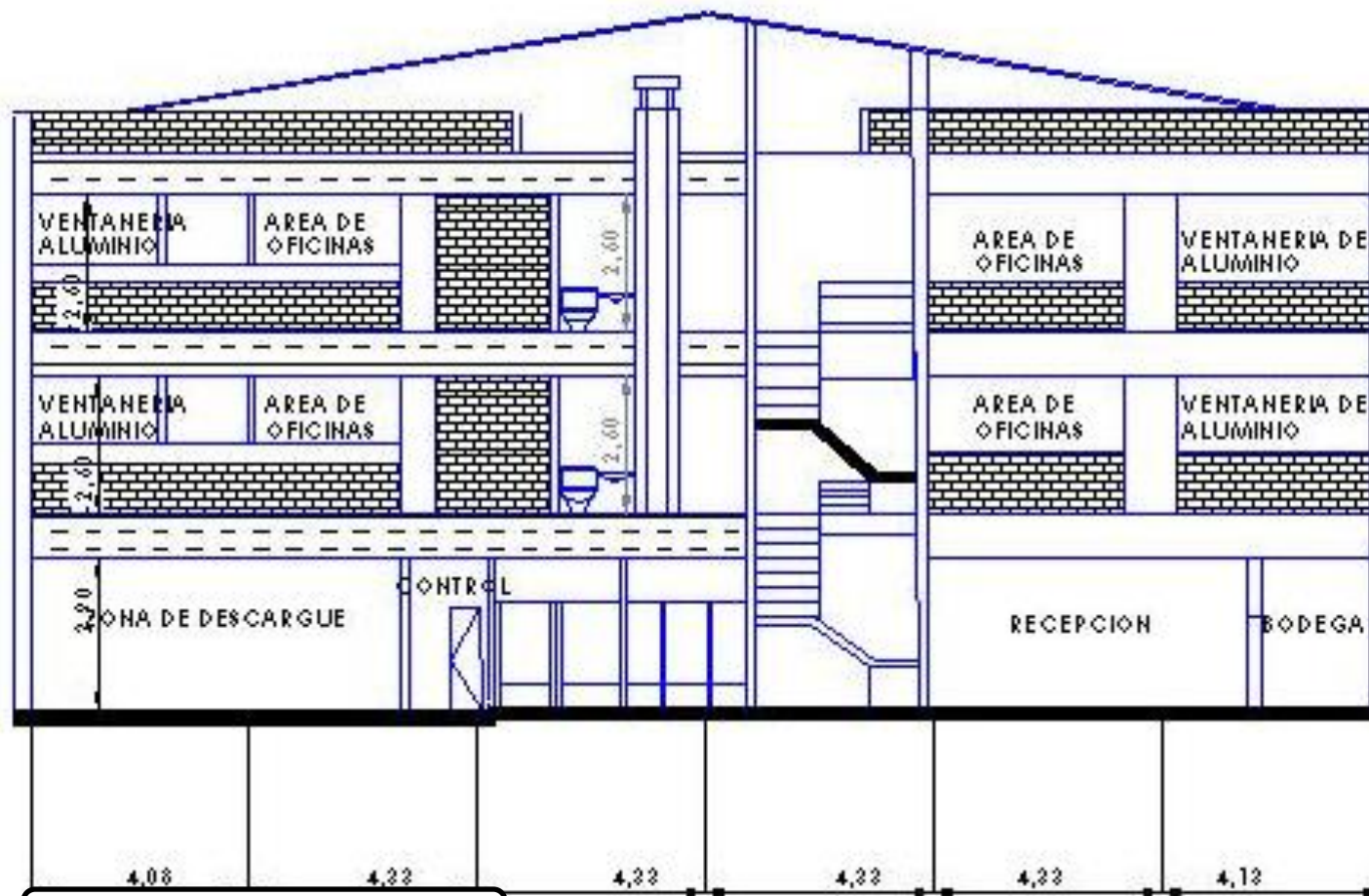


Anexo N° 13. Plano primer y segundo piso - Lote 110 - Empresa Denalli



Fuente: Elaboración propia

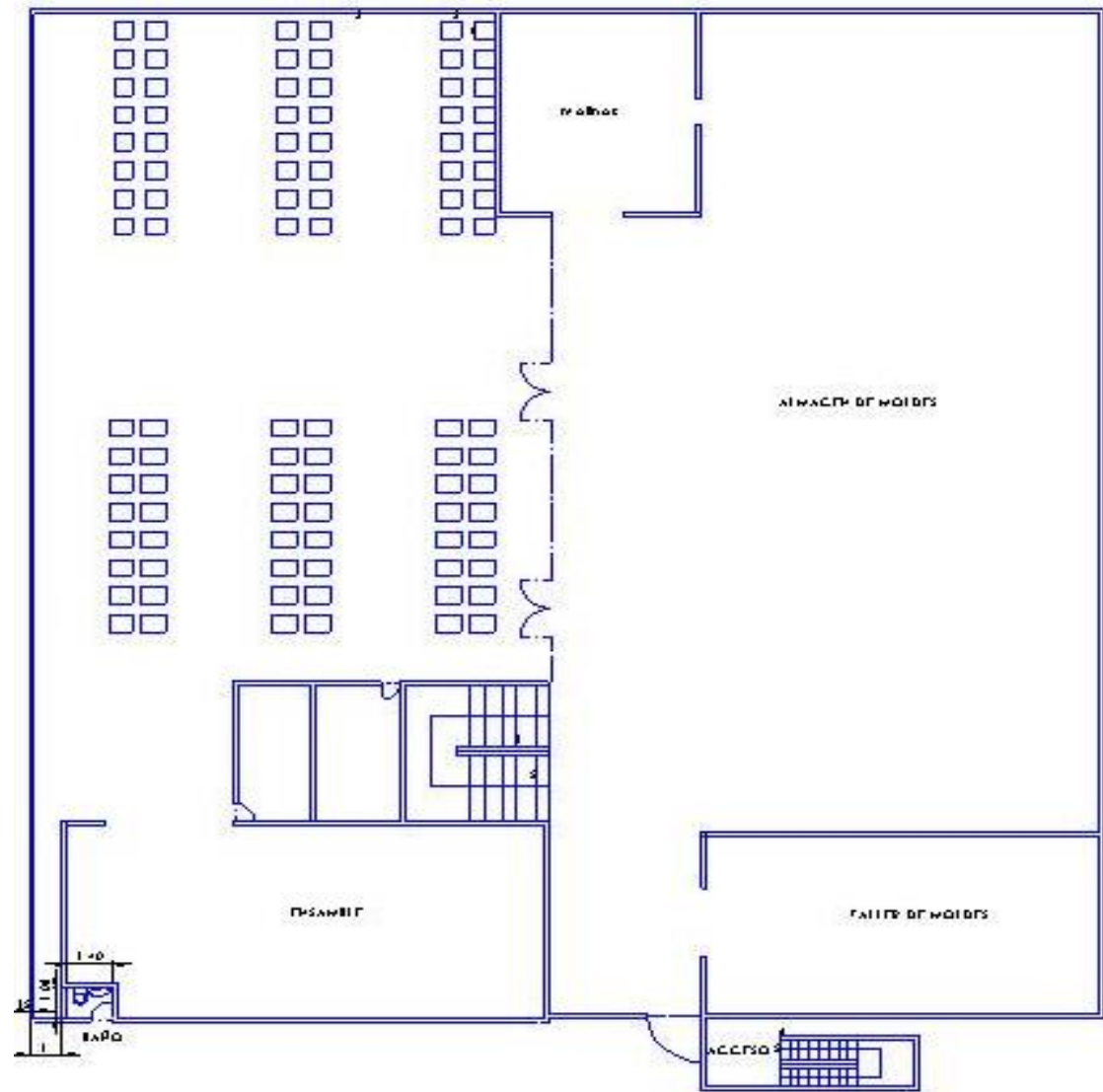
Anexo N° 14. Plano vista frontal - Lote 110 - Empresa Denalli



Fuente: Elaboración propia

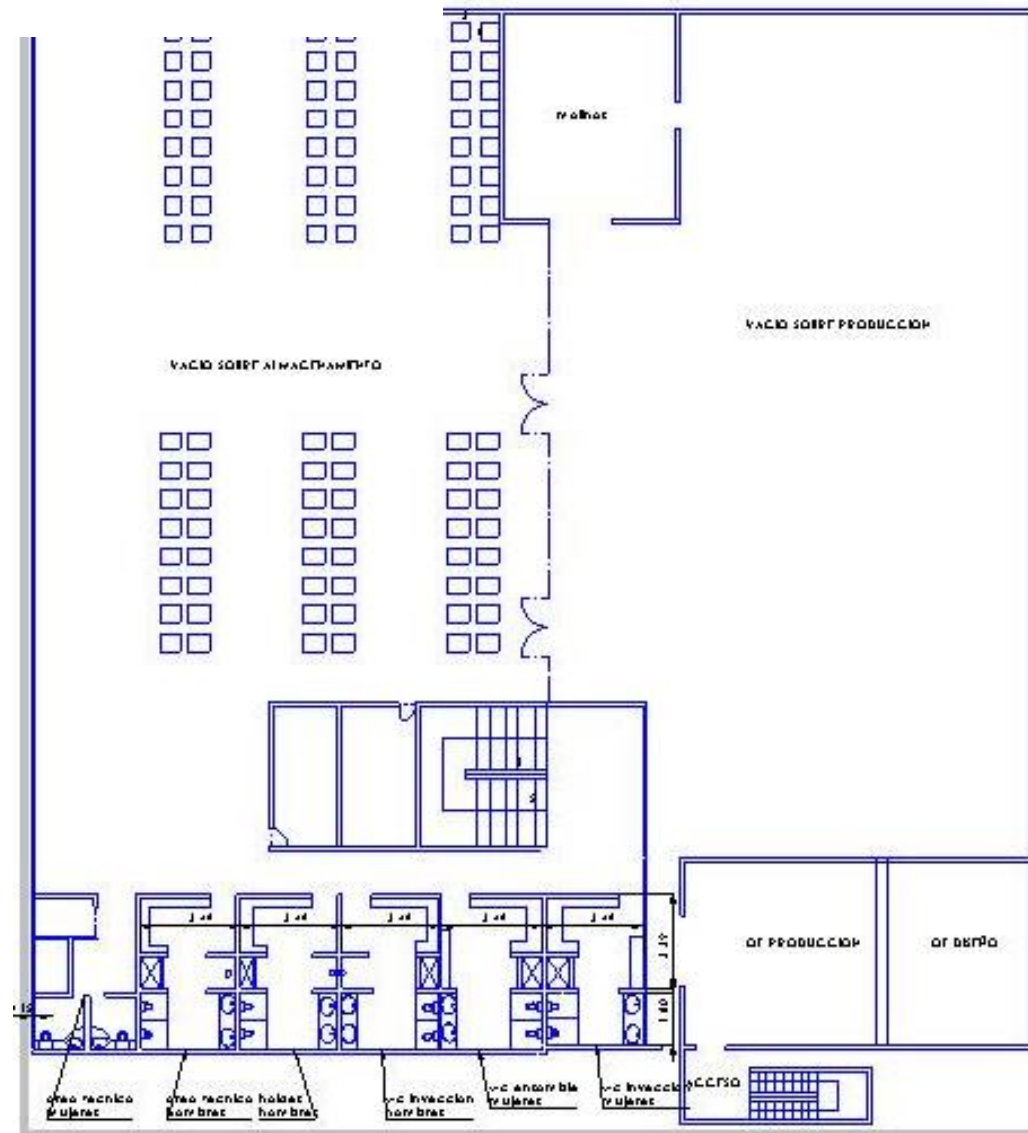


Anexo N° 15. Plano primer piso - Lote 111-112 - Polimes



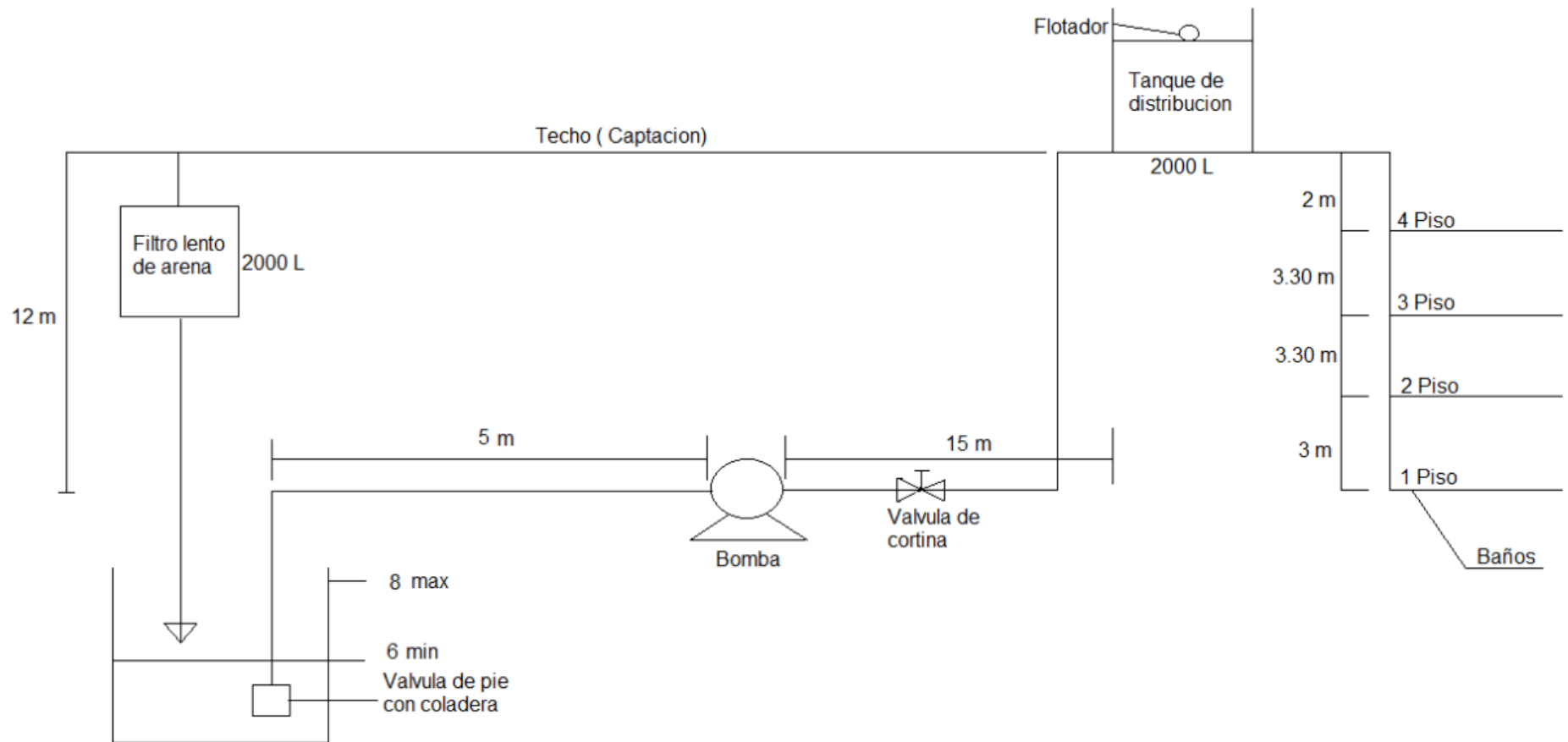
Fuente: Elaboración propia

Anexo N° 16. Plano segundo piso - Lote 111-112 - Polimes



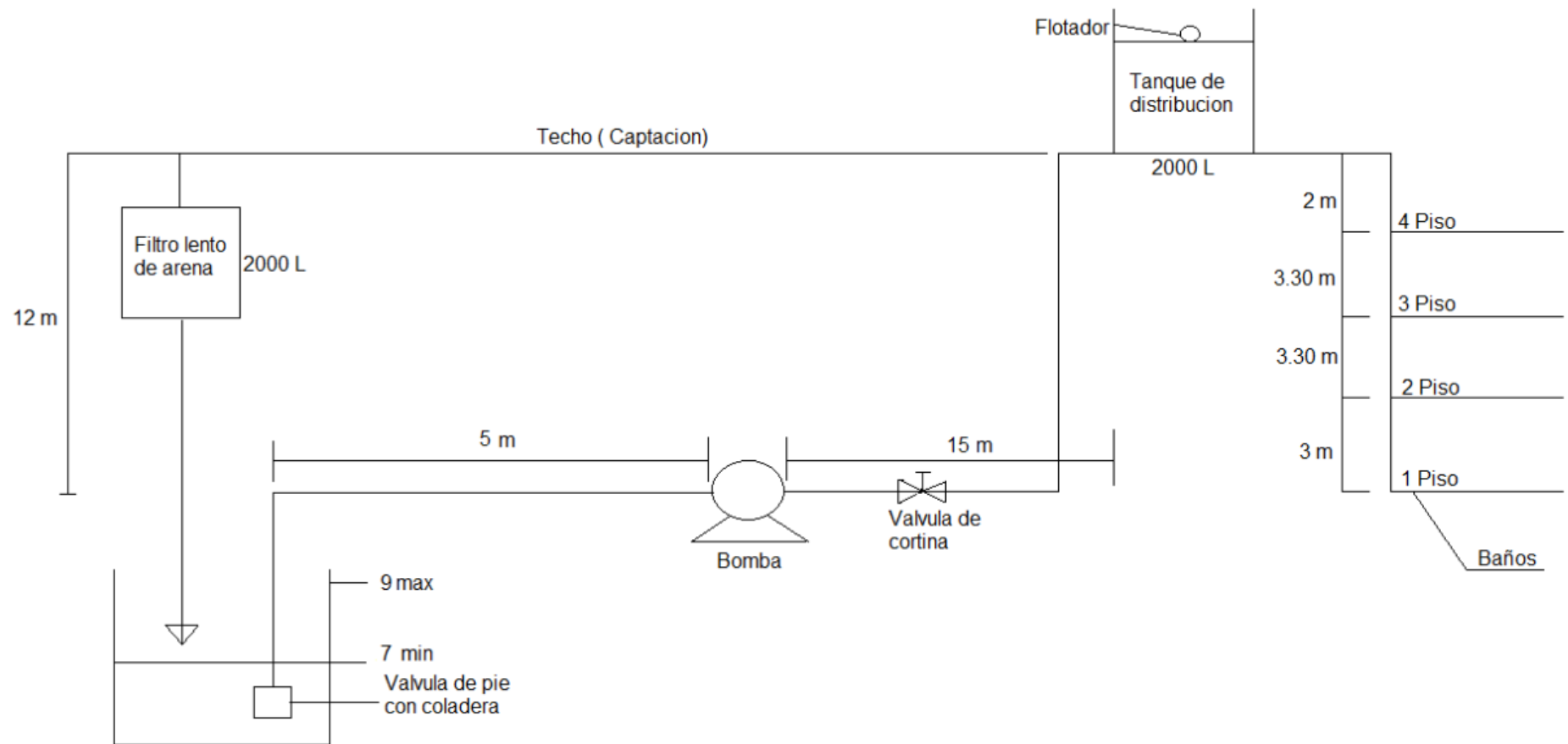
Fuente: Elaboración propia

Anexo N° 17. 23 Diseño de captación TMLI



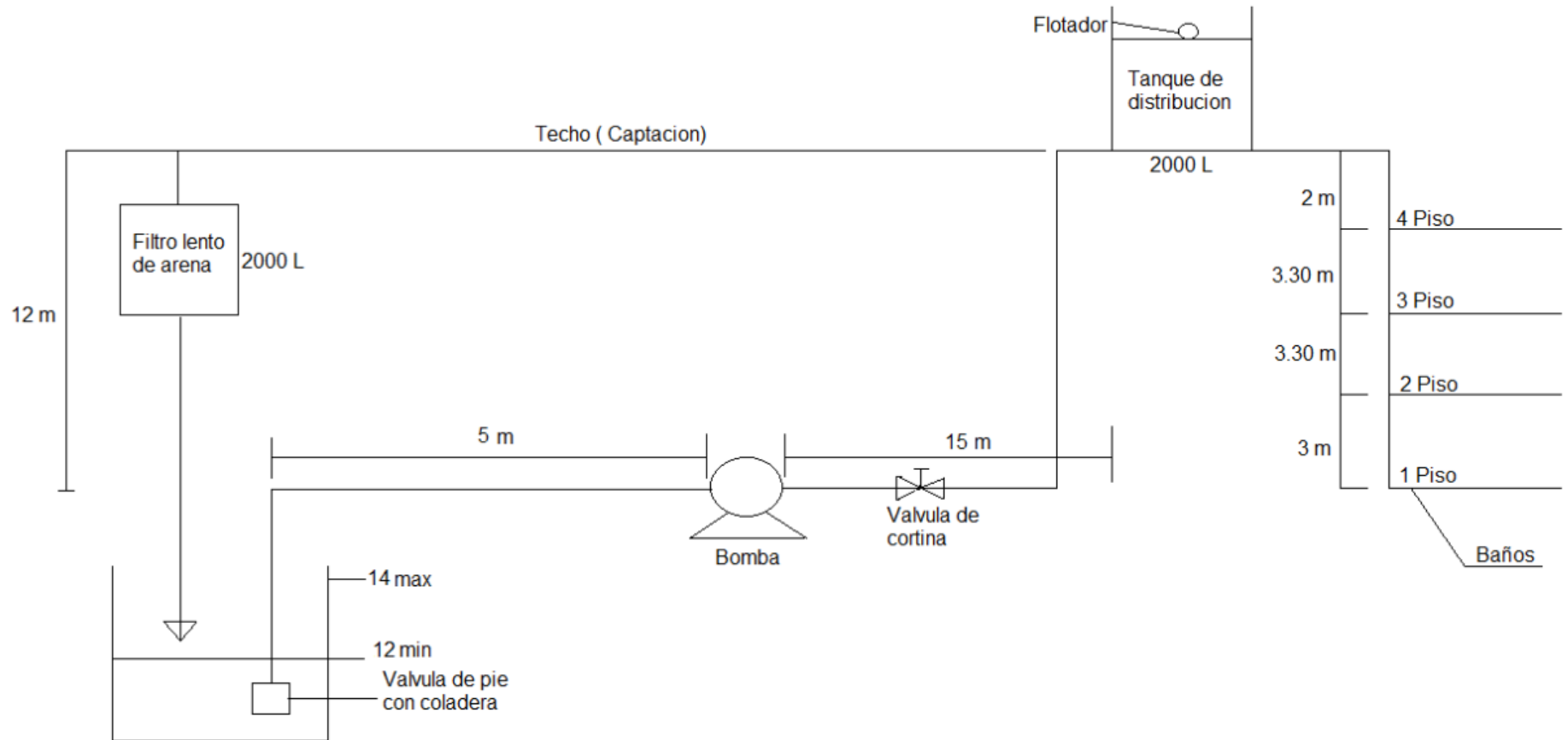
Fuente: Elaboración propia

Anexo N° 18. Diseño del sistema de captación Despegar



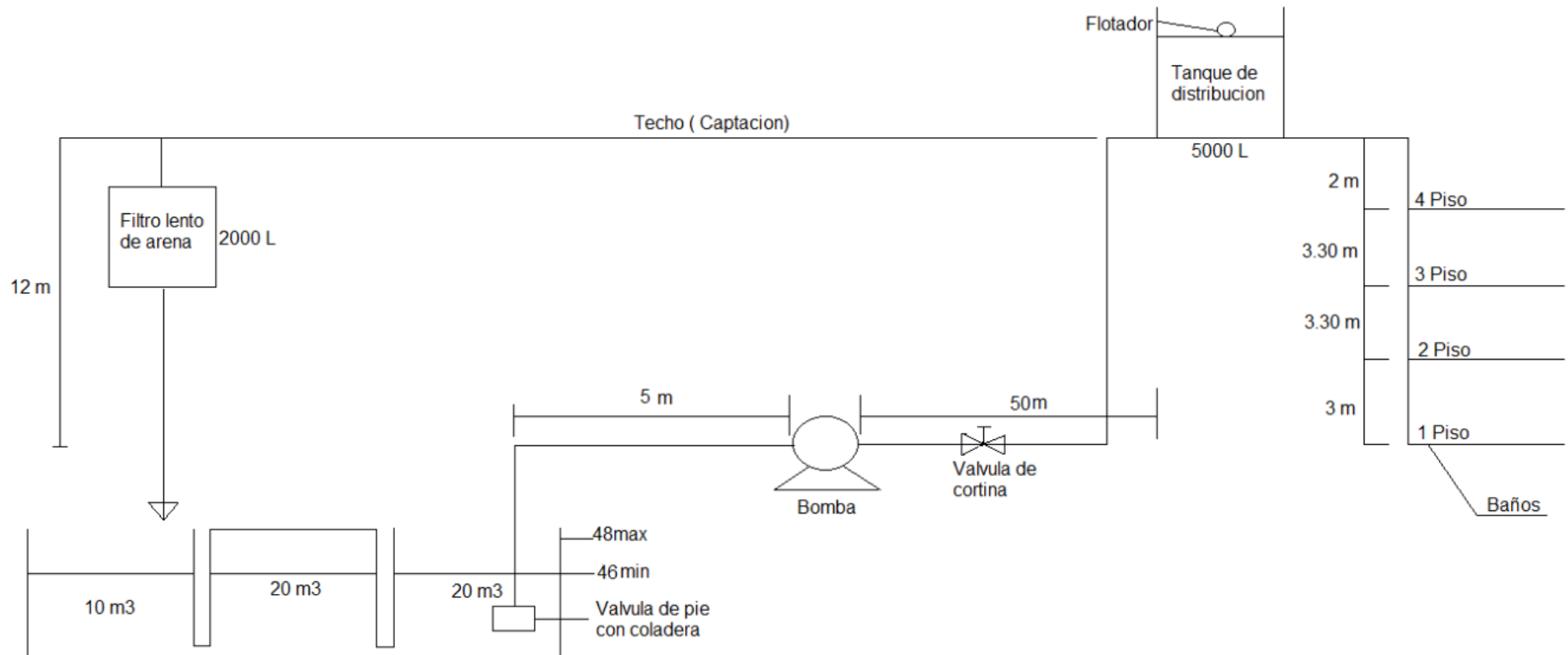
Fuente: Elaboración propia

Anexo N° 19. Diseño de captación Valmy



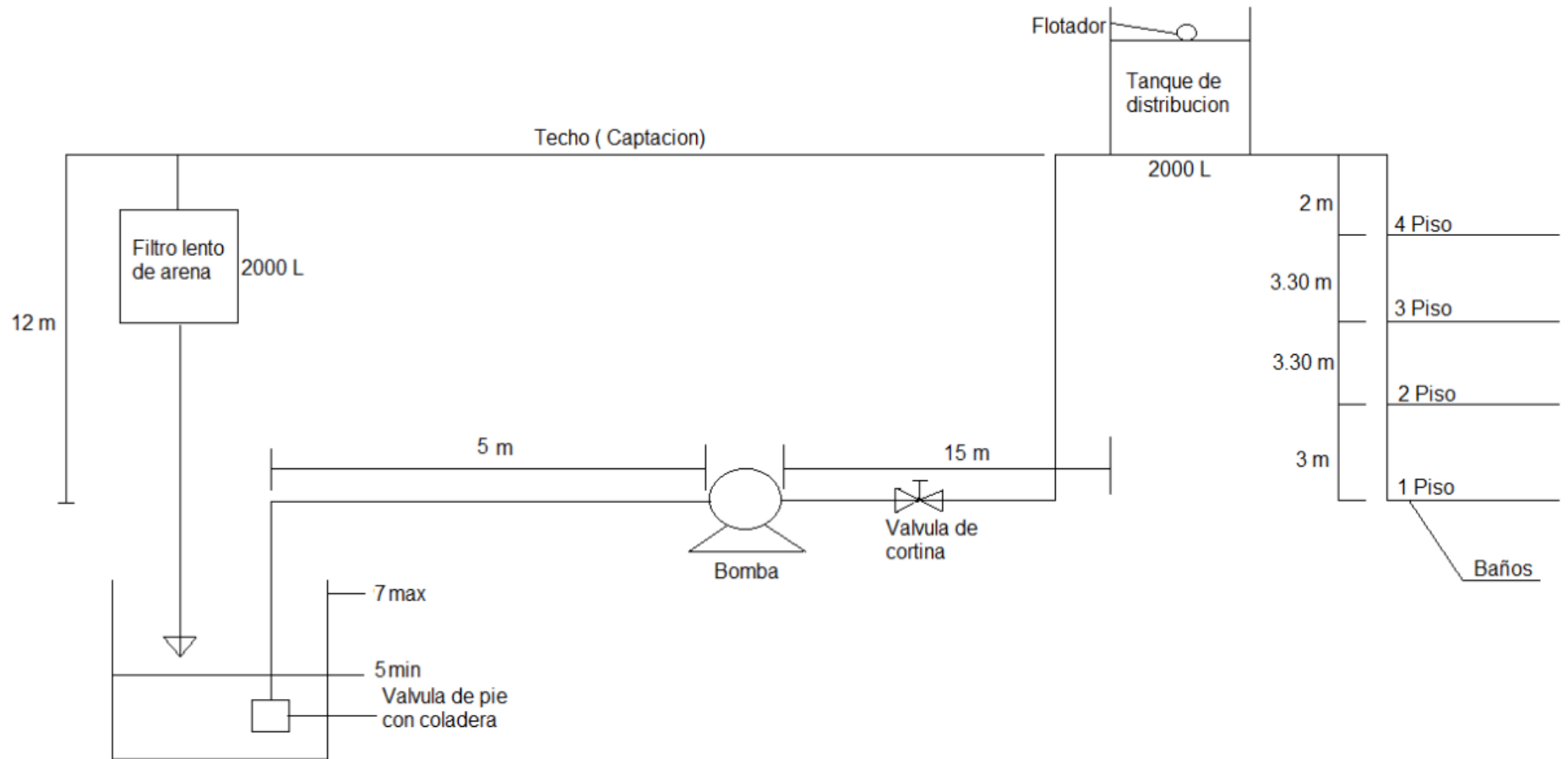
Fuente: Elaboración propia

Anexo N° 20. Diseño de captación lote 103



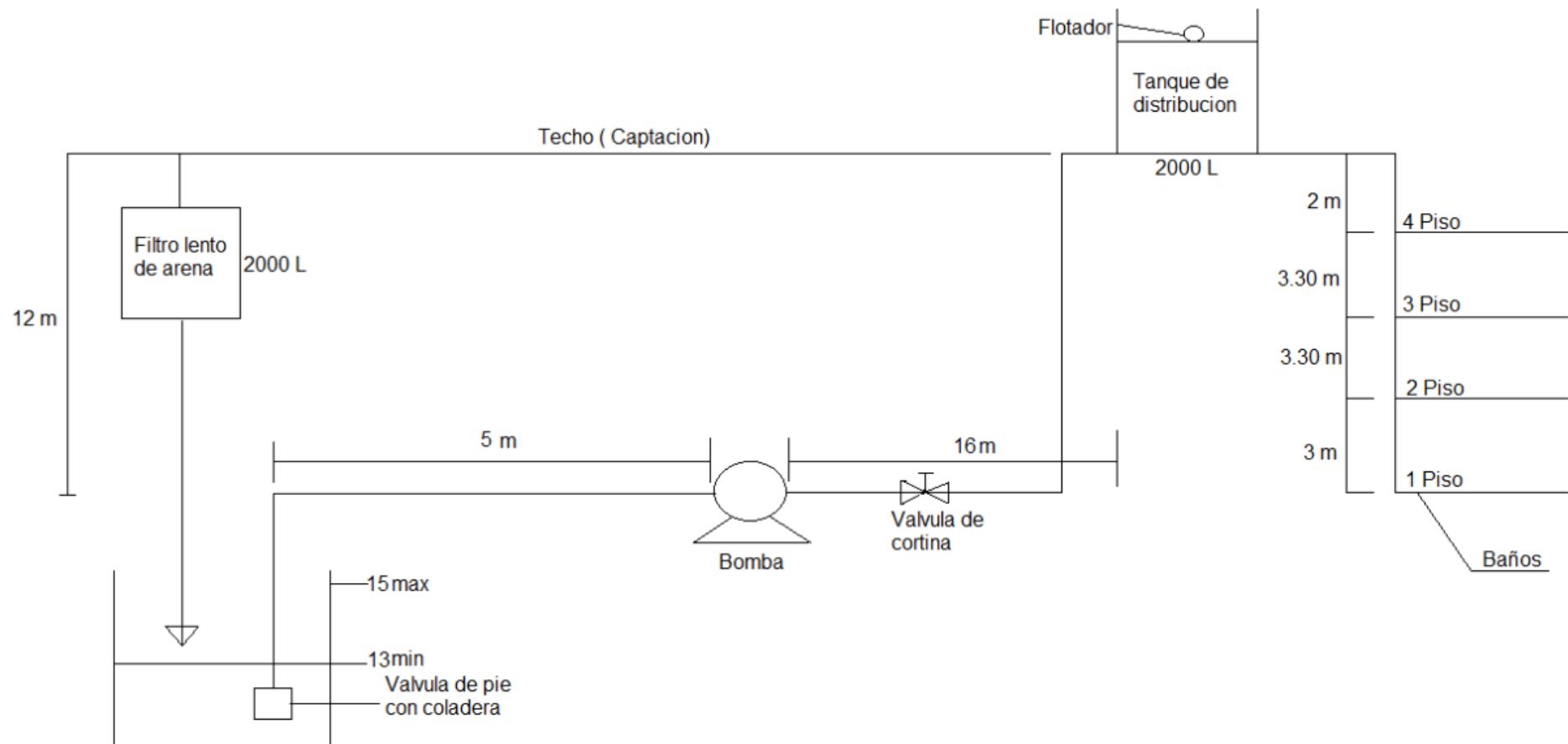
Fuente: Elaboración propia

Anexo N° 21. Diseño de captación Castañeda



Fuente: Elaboración propia

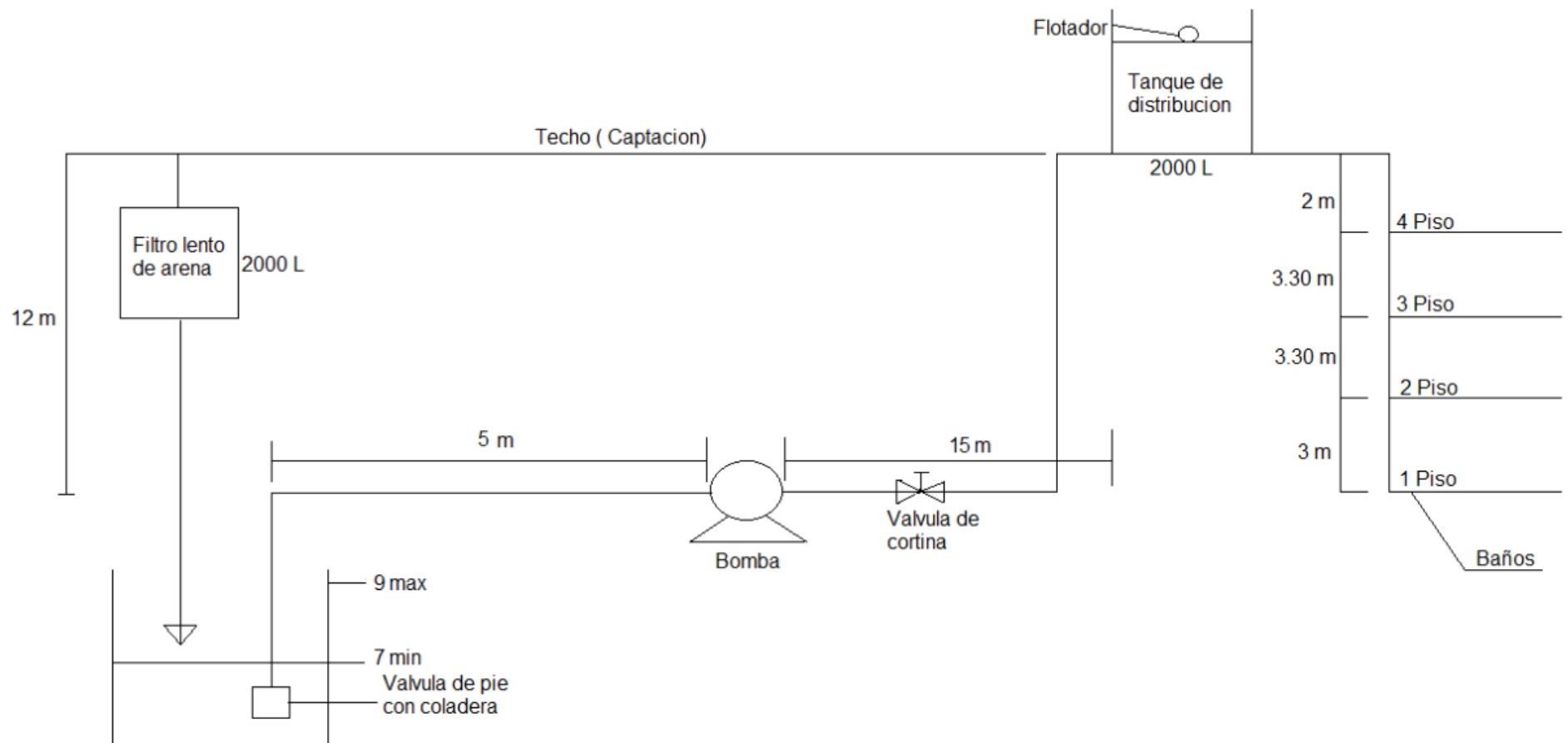
Anexo N° 22. Diseño de captación Clasi



Fuente: Elaboración propia

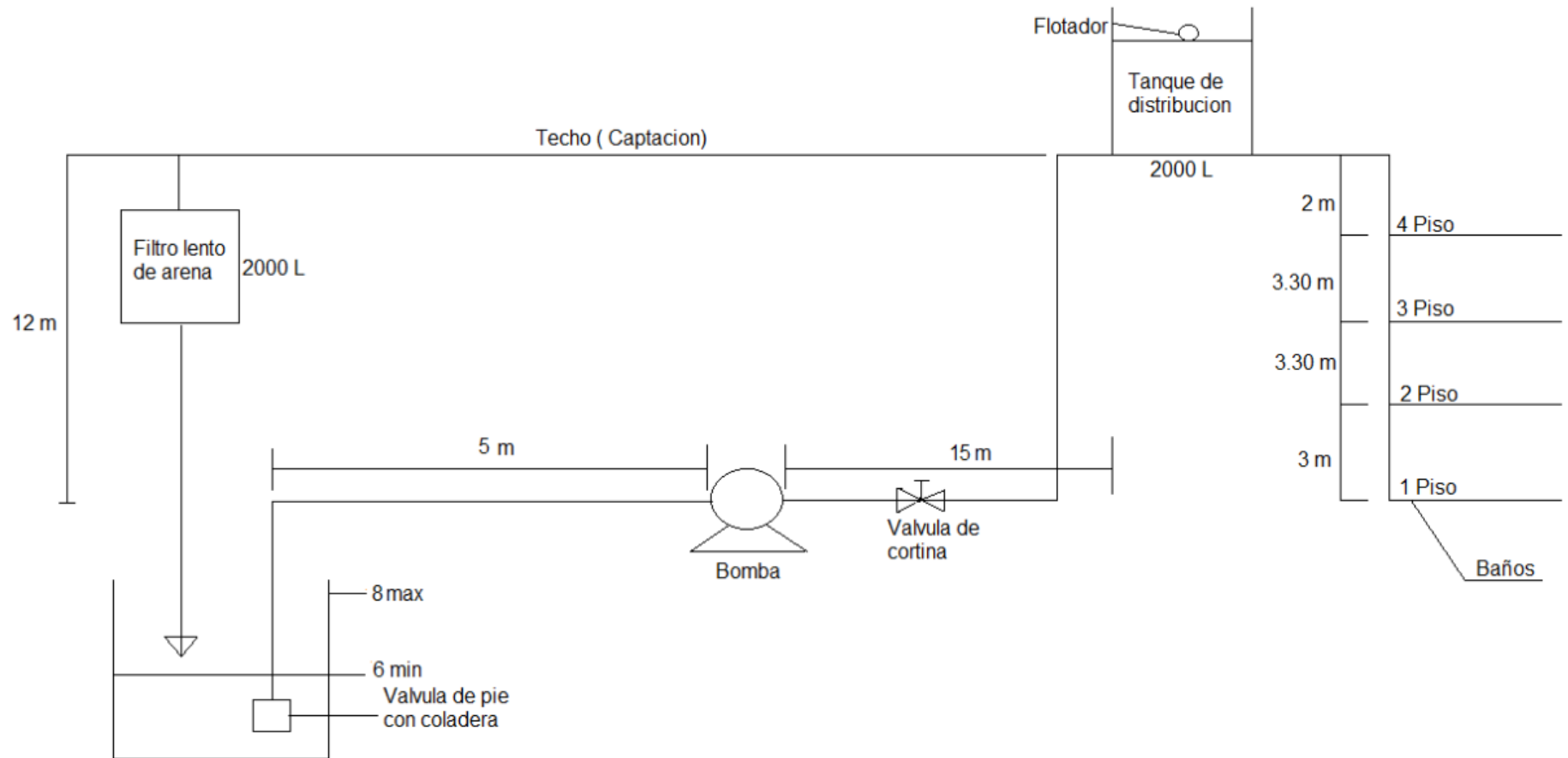


Anexo N° 23. Diseño de captación Intertrading



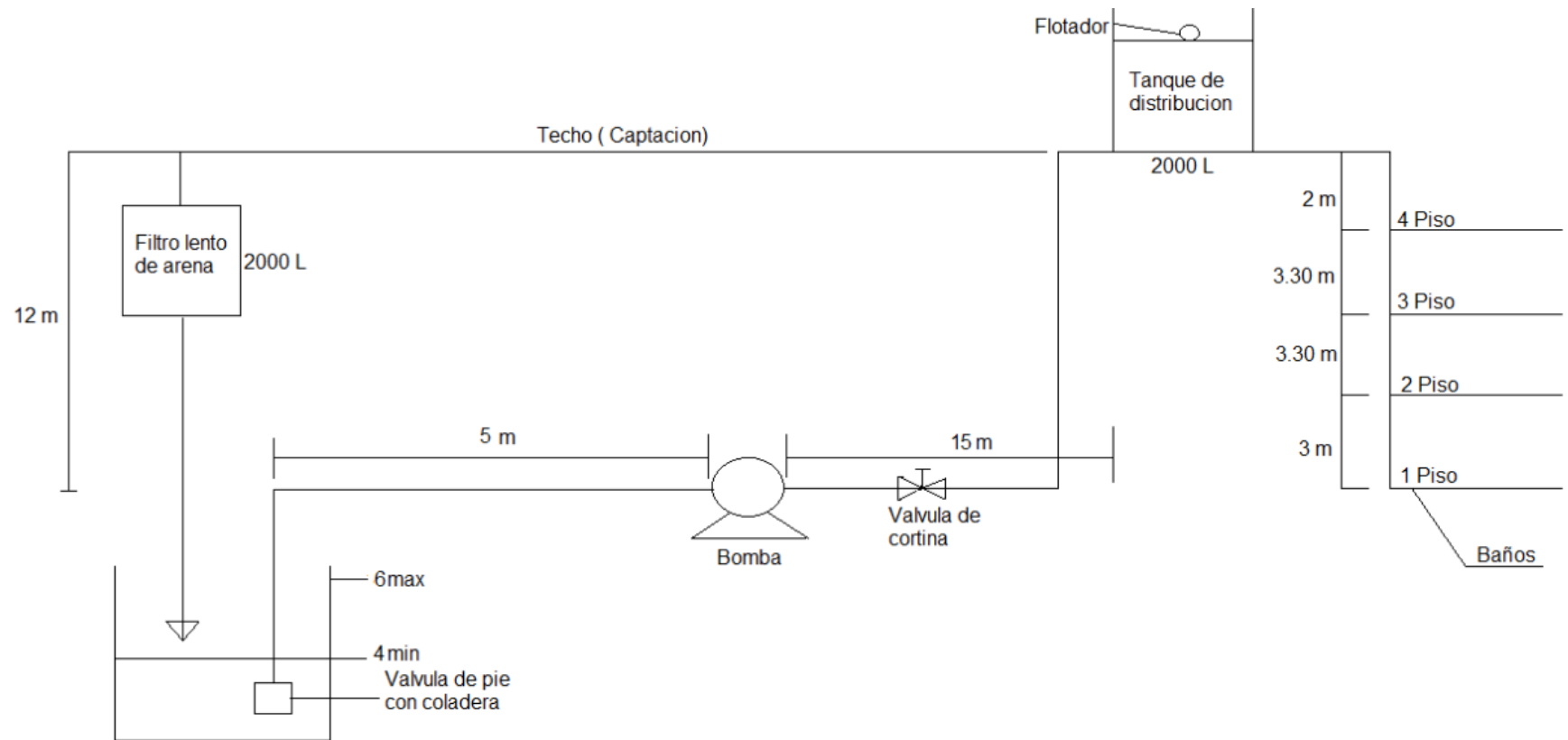
Fuente: Elaboración propia

Anexo N° 24. Diseño de captación Máximo



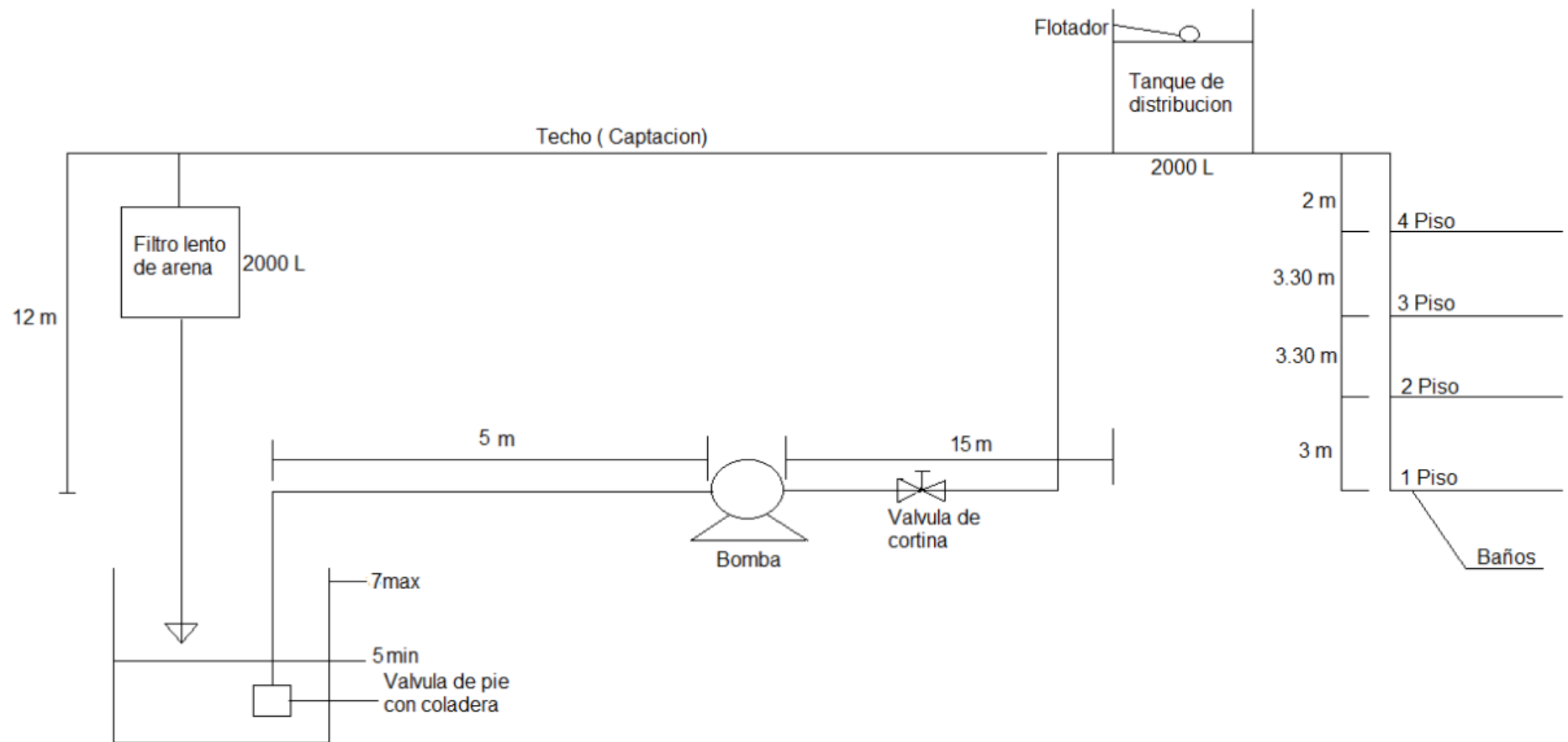
Fuente: Elaboración propia

Anexo N° 25. Diseño de captación



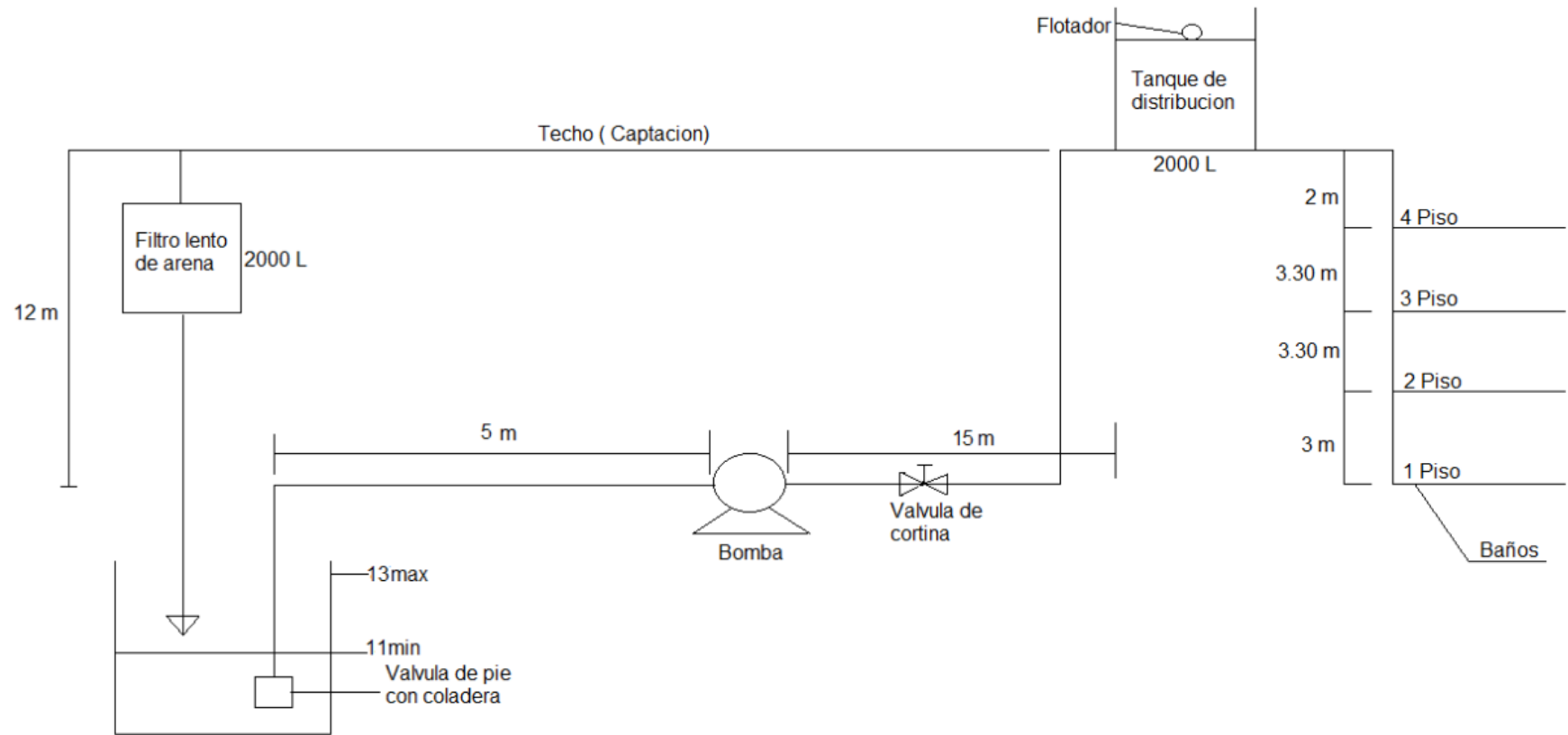
Fuente: Elaboración propia

Anexo N° 26. Diseño de captación Almacenes máximo



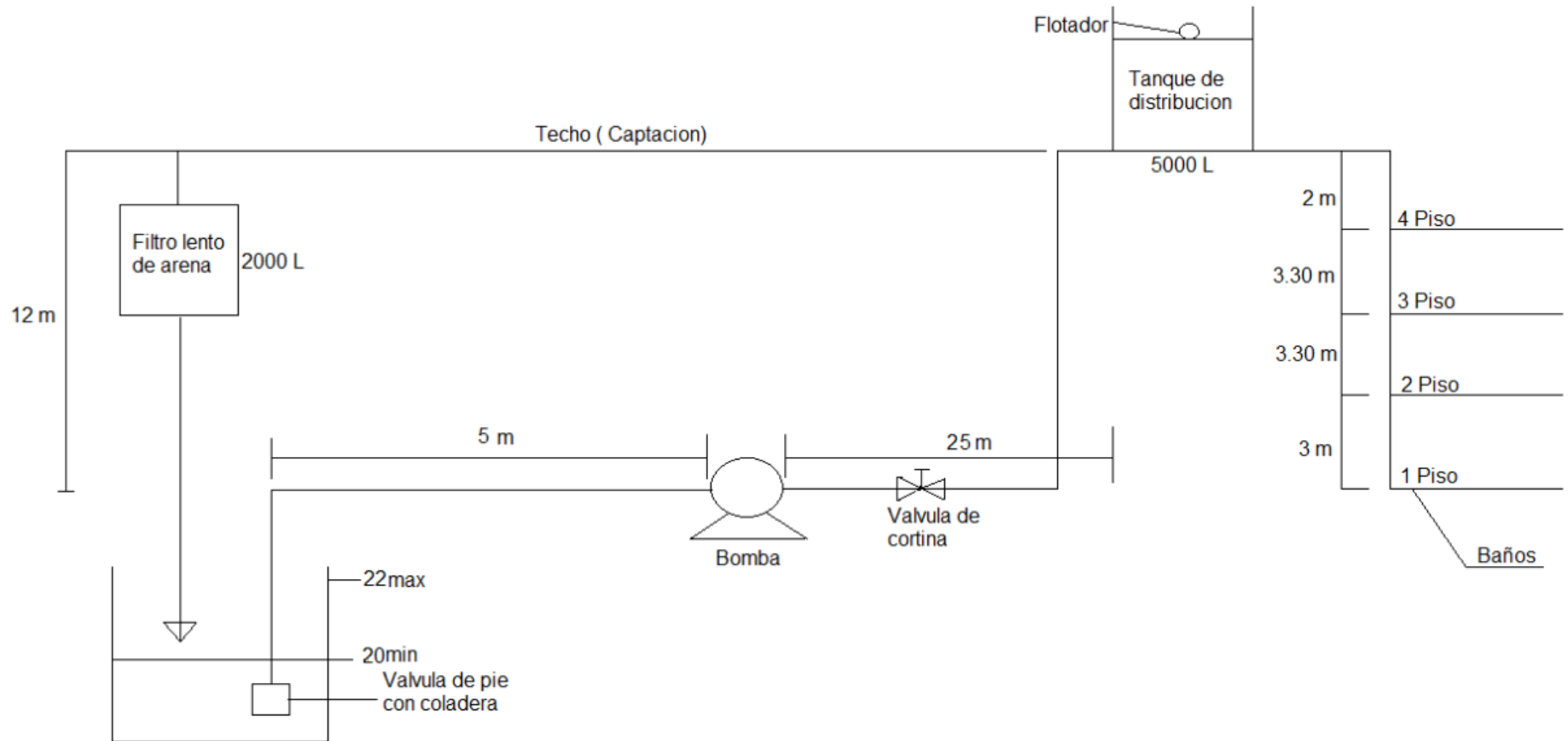
Fuente: Elaboración propia

Anexo N° 27. Diseño de captación Denali



Fuente: Elaboración propia

Anexo N° 28. Diseño de captación Polimes



Fuente: Elaboración propia

Anexo N° 29. Carta Zona Franca

Bogotá, 07 de Julio de 2014

Señores:  
**UNIVERSIDAD LIBRE**  
Ciudad

  
DEPARTAMENTO DE GESTIÓN AMBIENTAL

**REF: VISTAS A EMPRESAS**

Cordial Saludo,

Por medio de la presente confirmo que los estudiantes **MIGUEL ANGEL FRANCO** con CC 1.014.219.513 y **LEONARDO CELIS** con C.C. 1.019.069.155, en el desarrollo del proyecto "**DISEÑO DE UN SISTEMA DE CAPTACION DE AGUAS LLUVIAS PARA LA MANZANA 15 DE LA ZONA FRANCA DE BOGOTÁ**", realizaron 3 visitas a las empresas usuarias de la Zona Franca ubicadas en la Mz 15, sin embargo, solo se obtuvo los datos completos de la Empresa Usuaria **COMPUMAX SAS**

De igual forma y teniendo en cuenta que los usuarios restantes no tenían la disponibilidad para la atender las visitas y/o enviar los datos, el Departamento de Gestión Ambiental brindo a los estudiantes los planos e información adicional para que los estudiantes realizarán las proyecciones necesarias para el desarrollo del proyecto.

Los datos brindados de las empresas faltantes por parte del Departamento Ambiental fueron:

• Compumax (Lote 99)	Planos de infraestructura
• Digitex (Lote 101)	Planos de infraestructura
• Login (Lote 102)	Planos de infraestructura
• Almacenes Máximo (Lote 107 al 109)	Planos de infraestructura
• Denali (Lote 110)	Planos de infraestructura
• Polimes (Lote 11 y 112)	Planos de infraestructura
• Desarrolladora ZFB (lote 103)	Planos de infraestructura

Atentamente

  
**I.A. JORGE MERCHAN PEÑA**  
DIRECTOR - DEPARTAMENTO DE GESTIÓN AMBIENTAL  
ZONA FRANCA DE BOGOTÁ

DEPARTAMENTO GESTIÓN AMBIENTAL – COPROPIEDAD ZONA FRANCA BOGOTÁ  
Carrera 106 N°. 15 A – 25 Manzana 1 piso 1 - PBX: 4046644 Ext. 119  
E-mail: [dgambiental@zonafrancabogota.com](mailto:dgambiental@zonafrancabogota.com)

65



Anexo N° 30. Plano Cartográfico de Bogotá (escala 1:100.000)

